

52/c

DEPARTEMENT VAN ECONOMISCHE ZAKEN

ALGEMEEN PROEFSTATION VOOR DEN LANDBOUW

MEDEDEELINGEN

VAN HET

INSTITUUT VOOR PLANTENZIEKTEN

No. 88

**HET PHYTOPHTHORA-VOETROT VAN PEPER
(PIPER NIGRUM L.) IN NEDERLANDSCH-INDIË**

DOOR

Dr Ir H. R. A. MULLER,

HOOFD VAN DE MYCOLOGISCHE ONDERAFDEELING
VAN HET INSTITUUT VOOR PLANTENZIEKTEN.

WITH SUMMARY:

**PHYTOPHTHORA-FOOTROT OF BLACK PEPPER
(PIPER NIGRUM L.) IN THE NETHERLANDS INDIES).**

Prijs f 1.—

MEDEDEELINGEN VAN HET INSTITUUT VOOR PLANTENZIEKTEN.

1. A. A. L. RUTGERS, 1912. Onderzoekingen over den Cacaokanker. (*Investigations on Cocoa-canker*). Uitverkocht.
2. A. A. L. RUTGERS, 1912. Hevea-kanker. (*Canker of Hevea*). Uitverkocht.
3. K. W. DAMMERMAN, 1913. De Hevea-termiet op Java. f 0.50
4. A. A. L. RUTGERS, 1913. Waarnemingen over Hevea-kanker II. Ziekten en plagen van Hevea in de F. M. S. Uitverkocht.
5. W. M. GUTTELING, 1913. De door de bevolking toegepaste wijzen van bestrijding der rattenplaag in de contrôle-afdeeling Tjitjalengka en de resultaten der aldaar genomen proeven met andere bestrijdingsmiddelen. f 0.30
6. A. A. L. RUTGERS, 1913. De krulziekte van katjang tanah (*Arachis hypogaea* L.). f 0.30
7. K. W. DAMMERMAN, 1913. De boorders in *Ficus elastica* Roxb. f 1.75
8. K. W. DAMMERMAN, 1913. Het vraagstuk der Fruitvliegen voor Java. f 0.50
9. A. A. L. RUTGERS, 1914. Ziekten en plagen der Cultuurgewassen in Nederlandsch-Indië in 1913. f 0.50
10. A. A. L. RUTGERS en K. W. DAMMERMAN, 1914. Ziekten en plagen van Hevea in Nederlandsch-Indië. f 1.—
11. A. A. L. RUTGERS, 1914. Stufbrand bij rijst (*Tilletia horrida* Takahashi). f 0.50
12. S. LEEFMANS, 1915. De Theezaadvlug en hare bestrijding. f 0.50
13. S. LEEFMANS, 1915. De Cassave-oerets. f 2.—
14. S. LEEFMANS, 1915. De Cassave-mijt. f 1.—
15. A. A. L. RUTGERS, 1915. Ziekten en plagen der Cultuurgewassen in Nederlandsch-Indië in 1914. Uitverkocht.
16. K. W. DAMMERMAN, 1915. De Rijstboorderplaag op Java. (*The Riceborer problem on Java*). f 1.50
17. C. J. J. VAN HALL, K. W. DAMMERMAN en A. A. L. RUTGERS, 1915. Bestrijdingsmiddelen tegen plantenziekten en schadelijke dieren. Uitverkocht.
18. A. A. L. RUTGERS, 1915. Onderzoekingen over het ontijdig afsterven van peperranken in Nederlandsch-Indië I. Overzicht der vroegere onderzoekingen. (*Investigations about the dying out of Peppervines in the Dutch East Indies I*). f 0.50
19. A. A. L. RUTGERS, 1916. Onderzoekingen over het ontijdig afsterven van peperranken in Nederlandsch-Indië II. De pepercultuur op Bangka. (*Investigations about the dying out of Peppervines in the Dutch East Indies II*). f 1.—
20. C. J. J. VAN HALL, 1916. Ziekten en plagen der Cultuurgewassen in Nederlandsch-Indië in 1915. Uitverkocht.
21. A. B. RIJKS, 1916. Rapport over een Onderzoek naar de Pisangsterfte op de Saleiereilanden. f 0.75
22. A. A. L. RUTGERS, 1916. De Peronospora-ziekte der Maïs (*Omo Lyr*). (*The Peronospora-disease of maize*). f 0.75
23. S. LEEFMANS, 1916. De Pisangmot, *Notarcha* (*Nacoleia*) *octasema* Meyrick en hare bestrijding. (*The Banana-Caterpillar and its Control*). f 1.—
24. K. W. DAMMERMAN, 1916. Gegevens over de rattenplaag in de Afdeeling Malang. f 0.75
25. A. A. L. RUTGERS, 1916. Infectieproeven met een schimmel, die pathogeen is voor insecten (*Metarrhizium anisopliae* (Metschn.) Sorokin). f 0.75
26. S. LEEFMANS, 1917. Bijdrage tot het *Helopeltis*-vraagstuk voor de Thee. (*Contribution to the Helopeltis-problem of tea*). f 5.—
27. A. A. L. RUTGERS, 1917. Onderzoekingen over het ontijdig afsterven van peperranken in Nederlandsch-Indië III. De pepercultuur in de Lampongsche Districten. (*Investigations about the dying out of Peppervines in the Dutch East Indies III*). f 1.—
28. A. A. L. RUTGERS, 1917. Hevea-kanker III. (*Hevea-canker III*). Uitverkocht.
29. C. J. J. VAN HALL, 1917. Ziekten en plagen der Cultuurgewassen in Nederlandsch-Indië in 1916. f 0.75

De nummers 1—8 dragen den titel: Mededeelingen van de *Afdeeling* voor Plantenziekten, de nummers 9—37: Mededeelingen van het *Laboratorium* voor Plantenziekten, de volgende: Mededeelingen van het *Instituut* voor Plantenziekten.

DEPARTEMENT VAN ECONOMISCHE ZAKEN

ALGEMEEN PROEFSTATION VOOR DEN LANDBOUW

MEDEDEELINGEN

VAN HET

INSTITUUT VOOR PLANTENZIEKTEN

No. 88

HET PHYTOPHTHORA-VOETROT VAN PEPER
(PIPER NIGRUM L.) IN NEDERLANDSCH-INDIË

DOOR

Dr Ir H. R. A. MULLER,

HOOFD VAN DE MYCOLOGISCHE ONDERAFDEELING
VAN HET INSTITUUT VOOR PLANTENZIEKTEN.

WITH SUMMARY:

PHYTOPHTHORA-FOOTROT OF BLACK PEPPER
(PIPER NIGRUM L.) IN THE NETHERLANDS INDIES).

LANDSDRUKKERIJ — 1936 — BATAVIA

INHOUD.

	blz.
1. Inleiding	1
2. De symptomen van het voetrot	1
a. Verwelkingsverschijnselen	1
b. Ziekteverschijnselen aan stam en wortels	2
c. Bladvlekken	3
3. Verspreidingsgebied en economische beteekenis van het voetrot.	4
a. Sumatra	4
b. Java	6
c. Borneo	6
4. Historisch overzicht van de pepersterfte in Nederlandsch-Indië.	7
5. De oorzaak van het voetrot	15
a. Isolatie van de <i>Phytophthora</i>	15
b. Inoculatie-proeven {	
I. Inoculatie-proeven op peper	18
II. Inoculatie-proeven op andere ge- wassen	23
III. Bespreking van de resultaten	30
c. Systematische plaats van de schimmel	31
6. Waarnemingen over de epidemiologie van het voetrot	34
a. Uithbreiding van het voetrot in een streek	35
b. Het verloop van de ziekte in de tuinen en de factoren die daarbij een rol spelen	37
c. Klimatologische factoren	47
7. Bestrijding	48
a. Directe bestrijding	48
b. Indirecte bestrijding	52
8. Slotbeschouwingen	56
9. Geraadpleegde literatuur	63
10. Summary	68

1. INLEIDING.

De peperecultuur in Nederlandsch-Indië heeft de laatste 50 jaren herhaaldelijk te kampen gehad met vaak plotseling optredende en snel om zich heen grijpende ziekten, die den peperplanters zeer groote verliezen hebben berokkend en zelfs in sommige streken de cultuur vrijwel hebben doen verdwijnen. Soms nam de ziekte spoedig weer in hevigheid af en werd slechts plaatselijk belangrijke schade aangericht.

Over deze acuut verloopende ziekten zijn reeds verschillende onderzoeken ingesteld, maar toch bestonden er nog groote leemten in de kennis over deze vormen van ontijdig afsterven van peperranken.

Naar aanleiding van de groote verwoestingen, die een dergelijke ziekte weder eens in de Lampongs had aangericht, is — nadat in 1930 een voorbereidend onderzoek was ingesteld — dit vraagstuk in 1931 opnieuw in studie genomen.

2. DE SYMPTOMEN VAN HET VOETROT.

De hieronder beschreven verschijnselen hebben betrekking op de aantasting van *Piper nigrum* L.; op een enkele plaats in Atjeh, de Lampongs en in Bantam werd geconstateerd, dat ook sirihplanten (*Piper betle* L.) in of nabij zieke pepertuinen door voetrot werden aangetast en dan dezelfde symptomen als peper vertoonden.

Men kan bij het voetrot drie groepen ziekteverschijnselen onderscheiden:

A. Verwelkingsverschijnselen. Het blad wordt geel en slap en begint vaak vanaf de punt zwart te verkleuren, waarna de bladeren afvallen. De bladverkleuring en de bladafval beginnen aan de onderste takken en schrijden naar boven toe voort (foto 3 en 4). In verband hiermede bestempelt de Inlander in de Lampongsche Districten de ziekte wel met den naam „sakit dari bawah”, in tegenstelling met de „sakit dari atas”, waarmede de beschadiging door den kleinen pepersnuitkever wordt aangeduid.

Soms zijn de bladeren aan de laagste takken reeds verwelkt en gedeeltelijk afgevallen, wanneer de hoogere bladeren er nog normaal

uitzien. Dit verschijnsel treedt vooral op bij koel, vochtig weer en bedekte lucht.

Na het zichtbaar worden van de eerste verwelkingsverschijnselen verloopt de ziekte zeer snel. De aangetaste planten zijn gewoonlijk binnen 10 dagen geheel afgestorven.

Bij droogte kan het verwelkingsproces nog sneller verlopen: 3-4 dagen na het zichtbaar worden van de eerste symptomen is dan de geheele rank afgestorven. In dergelijke gevallen blijft een groot gedeelte der bladeren verdroogd aan de rank hangen. Door deze zwart verkleurde bladeren zien de aanplantingen er dan als verschroeid uit.

B. Ziekteverschijnselen aan stam en wortels. Indien de schors van den stam nog niet sterk is verkurkt, kan men soms waarnemen, dat nog vóór bladverwelking en bladafval optreden, de stambast donkergroen wordt en spoedig zwart verkleurt.

Bij het doorsnijden van den stam ziet men dan op die plaatsen een bruine tot zwarte verkleuring van alle parenchymatische weefsels. De bast en de sterk ontwikkelde mergstralen zijn aanmerkelijk donkerder gekleurd dan de iets verkleurde houtvaten. In de parenchymatische weefsels aan den rand van het aangetaste gedeelte kunnen bij microscopisch onderzoek sterk met plasma gevulde, niet-gesepteerde schimmeldraden worden waargenomen.

Op eenigen afstand van de infectieplaats ziet men op doorsnede van den stengel bruine stippen in een deel van de xyleemgroepen. Bij microscopisch onderzoek blijken deze verkleuringen veroorzaakt te zijn door een bruine gom in de vaten. Soms zijn alleen de vaatwanden met deze gom doortrokken.

De ziekte verspreidt zich door de bast- en mergstraalweefsels in de lengterichting van den stam. De uitbreiding schijnt het snelst in opwaartsche richting te verlopen.

De door voetrot geïnfecteerde stamdeelen worden spoedig aangetast door talrijke secundaire organismen: bacteriën en schimmels en bij de ondergrondse deelen ook door secundaire aaltjes, die na korten tijd de zachtere weefsels geheel doen uiteen vallen. De vaatbundelstrengen bieden aan deze rotting langer weerstand, zoodat de stam na het wegrotten der parenchymatische weefsels in een bundel houtvatstrengen uiteenvalt.

In den verkurkten bast van het aangetaste stamdeel ontstaan dikwerf scheuren en de bast valt daar in lappen van den stam.

Op Java en Sumatra werd steeds waargenomen, dat de aantastin-

gen meestal op de grens van bodem en lucht, vaak ook op eenigen afstand boven het bodemoppervlak, beginnen (foto 1). In talrijke gevallen waren de ranken op 5-10 cm, een enkele maal op 20-30 cm boven den grond het eerst aangetast.

Indien men juist aangetaste ranken, waarvan de stam slechts gedeeltelijk is doorgerot of waar de rotting pas over korten afstand is voortgeschreden, onderzoekt, dan blijken zoowel het beneden de infectieplaats gelegen ondergrondse stamdeel als de wortels volkomen normaal te zijn. Na verloop van tijd breidt de rotting zich over het onderaardsche stamdeel in benedenwaartsche richting uit. De wortels worden vanuit den stam aangetast. Een enkele maal komt het voor, dat een dicht aan de oppervlakte gelegen wortel het eerst wordt geïnfecteerd, waarna dan de stam vanuit dezen wortel wordt aangetast. Op Java en Sumatra zijn deze gevallen uitzonderingen, terwijl in West-Borneo, in het pepercentrum Bengkajang, deze vorm van aantasting vrij vaak voorkomt. Ook op Bangka is een vorm van de ziekte waargenomen, die groote overeenkomst met die uit West-Borneo vertoont.

Op Java en Sumatra zijn dus de wortels van zieke planten normaliter gezond en wanneer zij bij hun inplanting in den stam doorgerot zijn, dan zijn de uiteinden nog normaal. Pas wanneer de wortels door het afsterven van de plant geen organische bouwstoffen meer toegevoerd krijgen, worden ook zij abnormaal.

C. Bladvlekken. In tuinen, waarin de ziekte begint op te treden, kan men soms waarnemen, dat op de onderste bladeren van overigens nog gezonde planten bladvlekken voorkomen (foto 5 en 6). Deze vlekken komen gewoonlijk op de benedenhelft van het blad voor. De vlekken, die tot 6 cm diameter kunnen bereiken, vertoonen afwisselend licht- en donkerbruin gekleurde concentrische kringen. Het grijs gekleurde centrum van deze kringen is meestal in de buurt van de bladspits gelegen. De op deze wijze aangetaste bladeren vallen spoedig na infectie af, zoodat ze alleen kort na het tijdstip, waarop infectie heeft plaats gehad, aanwezig zijn. Dit geeft een verklaring voor het feit, dat men lang niet altijd in zieke tuinen de bladvlekken kan vinden: zijn er eenigen tijd geen voor infectie gunstige condities geweest, dan ontbreken de vlekken, hoewel ze op andere tijdstippen overvloedig kunnen voorkomen.

De bladvlekken werden waargenomen in Buitenzorg, in Bantam en in de Lampongs.

3. VERSPREIDINGSGBIED EN ECONOMISCHE BETEKENIS VAN HET VOETROT.

De in dit hoofdstuk geciteerde publicaties van VAN DER GOOT, VAN HALL en LEEFMANS zijn de overzichten van de in Nederlandsch-Indië waargenomen ziekten en plagen, die jaarlijks door het Hoofd van het Instituut voor Plantenziekten worden gepubliceerd. De gegevens, waaruit deze overzichten worden samengesteld, worden ressortsgewijs door de landbouwconsulenten en de particuliere proefstations verstrekt.

A. Sumatra. Uit *Atjeh* werd door VAN DER VECHT (1929) in de onderafdeelingen Koetaradja en Seulineum voetrot waargenomen bij peper en sirih. Plaatselijk werd zeer belangrijke schade aangericht: in de omgeving van Air Panas bij Kroeëng Raja waren van een complex van 12 000 ranken er 9 000 afgestorven!

In de landschappen Peureula en Samalanga trad de ziekte in 1930 op (LEEFMANS 1933), in 1931 werd schade uit de onderafdeeling Pidië gerapporteerd (LEEFMANS 1934).

In 1932 werd ernstige schade door voetrot gerapporteerd uit de onderafdeeling Sigli (VAN DER GOOT 1934), waar zoowel de oude als de jonge tuinen grotendeels verloren gingen. In 1933 was de ziekte vooral van betekenis in de onderafdeelingen Pidië en Idi (VAN DER GOOT 1935a), in 1934 in Meureudoe (VAN DER GOOT 1935b), terwijl in 1935 de meeste schade in Sigli en Meureudoe (VAN DER GOOT 1936) werd aangericht.

In *Benkoelen* werd twintig jaar geleden wel het optreden van voetrot gerapporteerd uit de Onderafdeeling Mana (VAN HALL 1916), doch daarna ontbreken berichten, tot in Juni 1931 deze ziekte er werd geconstateerd in 2- en 3-jarige tuinen bij Datar Lebar en in 8-jarige tuinen bij Gedong Wani (MULLER 1931).

In de jaren 1931-1935 breidde de ziekte zich nog steeds uit (VAN DER GOOT 1934, 1935a, 1935b) en werd zij ook in de onderafdeeling Kroë waargenomen. Op verschillende plaatsen was de schade zoo groot, dat men de pepertuinen verliet of ze in koffietuinen ging omzetten (VAN DER GOOT 1935a en 1935b).

In *Palembang* is door pepersterfte in de jaren 1918-1923 groote schade aangericht in Ogan- en Komering Oeloe. De eertijds bloeiende cultuur in die streken is daar vrijwel geheel aan te gronde gegaan: in 1923 werd gerapporteerd, dat de ziekte „faute de combattants” geen kwaad meer deed (VAN HALL 1918, 1920, 1921, 1922, 1923, 1924).

Vele der toen afgestorven pepertuinen, waarin de dadap steunboomen in leven waren gebleven, zijn in deze streek met koffie beplant, waardoor de peperziekte eerder dan grondgebrek de aanleiding tot het ontstaan van den intensieven vorm van koffiecultuur onder schaduw is geworden.

In verband met de hooge peperprijzen is omstreeks 1926 in de omgeving van Moeara Doea de bevolking weer met de cultuur begonnen. Na korten tijd trad echter weer een afstervingsziekte op, die volgens de bevolking dezelfde was als die, welke 10 jaar te voren de cultuur te gronde had gericht. Bij een ter plaatse in 1929, 1930 en 1931 ingesteld onderzoek bleek voetrot de hoofdoorzaak van de sterfte te zijn, zoodat het zeer wel mogelijk lijkt, dat deze ziekte reeds sinds 1918 in genoemde streek optreedt. Ook in 1929-31 was de aangerichte schade weder belangrijk.

In de *Lampongsche Districten* heeft de daar belangrijke pepercultuur sinds 1885 herhaaldelijk van acuut verloopende en veel op voetrot gelijkende ziekten te lijden gehad. In het historisch overzicht van de pepersterfte in Nederlandsch-Indië (Hoofdstuk 4) zijn de oudere gegevens over de pepersterfte in de Lampons uitvoerig behandeld. Omstreeks 1928 is het voetrot in hevige mate gaan optreden in de Rebangstreek bij Kotaboemi. Vooral in de marga's Rebang Sepoetih, Rebang Kasoei, Baradatoe en Semengoek zijn uitgestrekte complexen pepertuinen door voetrot afgestorven. In verschillende streken bedroeg de sterfte 50-80% van den aanplant (foto 2). Bij het in 1930 en 1931 ingestelde onderzoek (MULLER en WEYERS 1930, MULLER 1931) bleek, dat in 1931 de ziekte aan de Zuid-grens van het in 1930 aangetaste gebied vrijwel tot staan was gekomen, doch dat in Noord-Westelijke richting het voetrot zich sterk uitbreidde. Het belangrijke pepercentrum Kasoei, waar in 1930 nog slechts geringe schade was aangericht, is nadien in hevige mate aangetast (MULLER 1932 en 1933b).

In de Rebangstreken zijn sinds 1930 tengevolge van het voetrot vrijwel alle met de variëteiten Djambi en Korintji beplante tuinen afgestorven. Sinds men van 1932 af zeer algemeen is overgegaan tot den aanplant van de variëteit „lada belantoeng”, die thans het grootste deel van het met peper beplante areaal inneemt, is het voetrot een ziekte van ondergeschikte betekenis geworden (MULLER, 1933b; VAN DER GOOT 1935b en 1936).

In de andere peperstreken van de Lampons, zooals in de Onderafdeelingen Soekadana, Telok Betong en Kota Agoeng komt het voetrot wel voor, doch doet alleen plaatselijk schade.

Op *Bangka* nam VAN DER VECHT in Maart 1935 een enkel geval waar van een ziekte, die z.i. eenige overeenkomst met voetrot vertoonde. Bij het onderzoek van zieke planten, dat te Buitenzorg werd verricht, kon de oorzaak van deze afstervingsziekte niet worden vastgesteld. In November 1936 rapporteerde de Landbouwconsulent van *Bangka*, dat plaatselijk in de omgeving van Pangkoel een langzaam verlopend afsterven van peperranken plaats had. Hoewel het ziektebeeld afweek van het voetrot, zooals dat hier voor de Lampongs is beschreven, kon door een in Buitenzorg uitgevoerd onderzoek van daarheen uit *Bangka* opgezonden materiaal met zekerheid worden vastgesteld, dat het voetrot ook op dit eiland voorkomt.

B. Java. In hoofdstuk 4 is de oudere literatuur over peperziekten op Java behandeld. Uit deze gegevens is niet met zekerheid af te leiden in welke gevallen men met voetrot heeft te doen gehad en in welke gevallen met andere ziekten.

Hieronder laten wij daarom alleen de nieuwere gegevens volgen, die betrekking hebben op gevallen, waarin de aard van de ziekte met zekerheid is vastgesteld.

Op Java werd in 1931 het voetrot geconstateerd bij de *Wijnkoopsbaai*. De vroegere pepercultuur in die streek is door ziekte vrijwel verdwenen.

In *Zuid Bantam* richtte in 1931 het voetrot in het district Goenoeng Kentjana belangrijke schade aan. Zoo bleken — bij een ter plaatse ingesteld onderzoek — in de omgeving van Tjilegon Hilir ca 40% der tuinen te zijn aangetast. Ook bij Bodjongmanik was de schade groot, in dit onderdistrict stierven in 1932 ca 12 000 ranken door voetrot af (VAN DER GOOT 1934).

Op eenige ondernemingen in *Midden-Java* richtte het voetrot in 1933 en 1934 groote schade aan (VAN DER GOOT 1935a en 1935b). Aan de hand van te Buitenzorg onderzocht materiaal kon worden vastgesteld, dat deze ziekte identiek was met het van elders bekende voetrot.

C. Borneo. Uit de *Westerafdeeling van Borneo* werd in 1931 (LEEFMANS 1933) door den Landbouwconsulent belangrijke schade door pepersterfte gerapporteerd in de Chineesche tuinen der onderafdeeling Singkawang. Met behulp van opgezonden materiaal en foto's werd voorloopig vastgesteld, dat voetrot de hoofdoorzaak van deze sterfte was, hetgeen door een onderzoek ter plaatse in 1933 (MULLER 1933a) werd bevestigd.

In 1932 nam de ziekte catastrophale afmetingen aan in de onderafdeeling Bengkajang en in een deel van de onderafdeeling Singkawang; elders o.a. in Landak kwam de ziekte sporadisch voor (VAN DER GOOT 1934). Ook in 1933 en 1934 bleef de ziekte nog veel schade aanrichten (VAN DER GOOT 1935a en 1935b), doch kwam in 1935 vrijwel tot staan (VAN DER GOOT 1936).

De Landbouwconsulent voor de *Zuider- en Oosterafdeeling van Borneo* rapporteerde, dat in 1930 bij Barangas op Poeloe Laoet een schimmelziekte in peper voorkwam, die de ranken dicht bij den grond aantastte en binnen korten tijd deed afsterven. Ook in 1933 en 1935 kwam deze ziekte op Poeloe Laoet voor, doch deed er weinig schade (VAN DER GOOT 1935a, 1936). Met behulp van naar Buitenzorg opgezonden materiaal kon met zekerheid worden vastgesteld, dat de gerapporteerde ziekte voetrot was.

Uit het bovenstaande overzicht blijkt, dat het voetrot een zeer uitgebreid verspreidingsgebied heeft en in alle pepercentra van den Archipel schade aanricht. Plaatselijk vormt deze ziekte zelfs een bedreiging voor het bestaan van de pepercultuur en gaat de bevolking er toe over andere gewassen te planten (Benkoelen, Palembang), elders heeft zij in korten tijd een practisch volledige vervanging van bepaalde vatbare variëteiten door andere ten gevolge gehad, nadat de eerstbedoelde vormen grootendeels door voetrot te gronde waren gegaan.

4. HISTORISCH OVERZICHT VAN DE PEPERSTERFTE IN NED.-INDIE.

In 1915 heeft RUTGERS reeds een overzicht gepubliceerd over de vroeger verrichte onderzoekingen over het ontijdig afsterven van peper in Nederlandsch-Indië.

RUTGERS blijkt echter bij het schrijven van deze literatuurstudie soms wat al te generaliseerend te werk te zijn gegaan; hij heeft daarbij te weinig onderscheid gemaakt tusschen de snel en de geleidelijk verloopende ziekte-processen en tusschen de verschillende vormen van wortelziekte. Ik acht het daarom gewenscht om hier ook de vóór 1915 verschenen publicaties over pepersterfte in Nederlandsch-Indië te behandelen en wel in het bijzonder diegene, waarin afstervingsziekten beschreven zijn, die groote overeenkomst vertoonen met het voetrot, dat in de Lampongs in zoo hevige mate is opgetreden.

In 1885 trad in de afdeeling Sekampong (Lampongsche Districten)

een epidemische ziekte in de peper op, die door den Controleur van genoemde Afdeeling in diens Nota van 7 December 1886 als volgt werd beschreven: „bij een of meer ranken beginnen van onderaf de bladeren geel te worden en af te vallen; den volgenden dag reeds zijn meer ranken aangetast, zoodat binnenkort de geheele tuin ziek en ontbladerd is. Nu vallen ook de takjes af en krijgen de ranken een zwart doodsch aanzien. Van de aangetaste ranken blijven eenige in leven, doch worden nimmer meer zoo gezond en sterk als te voren. De meeste ranken sterven geheel af.”

Naar Buitenzorg opgezonden geconserveerde zieke planten werden in 1887 onderzocht door den Adjunct-Directeur van 's Lands Plantentuin Dr BURCK, die op grond van het voorkomen van schimmeldraden in het weefsel concludeerde, dat de oorzaak der ziekte een schimmel moest zijn. BURCK adviseerde alle doode en zieke tuinen en liefst ook de omringende gezonde tuinen te verbranden en te ontsmetten. Dit advies werd op grond van de hooge kosten, die aan de onteigening der tuinen verbonden zouden zijn, niet opgevolgd en men bepaalde zich tot het verbranden der reeds afgestorven ranken en het ontsmetten der steunboomen van de zieke ranken met kopersulfaat. Volgens het Koloniaal Verslag 1888 is de ziekte in dat jaar tot staan gekomen.

Het hierboven beschreven ziektebeeld doet zeer sterk aan dat van voetrot denken. RUTGERS (1915) was evenwel blijkens zijn overzicht over vroegere onderzoekingen over het ontijdig afsterven van peperranken niet overtuigd, dat BURCK op een juist spoor was, hij achtte het waarschijnlijker, dat deze een onschadelijke schimmel, die zoowel in de vaten van gezonde als zieke ranken voorkomt, als een gevaarlijke parasiet heeft beschouwd. RUTGERS meent, dat veeleer de groote droogte van 1885 de oorzaak van het afsterven der ranken is geweest. Het aannemen van droogte als oorzaak van het afsterven geeft echter geen verklaring voor het sterk locale karakter der ziekte.

In 1899 werd door ZIMMERMANN (1899) een onderzoek ingesteld naar het epidemisch afsterven van pepertuinen in de buurt van Telok Betong (Lampongsche Districten). ZIMMERMANN onderscheidde een wortelziekte en een tweetal boorder-aantastingen, welke laatste hier buiten beschouwing zullen worden gelaten. Over de wortelziekte deelt ZIMMERMANN mede, dat de bladeren der aangetaste planten eerst geel worden, vervolgens verwelken en afvallen, terwijl de stengels verdrogen. Alle deelen van de zieke planten sterven tegelijkertijd af. Het wortelstelsel van dergelijke planten was geheel of grootendeels verrot. Deze wortelziekte werd toegeschreven aan aantasting door het aaltje *Heterodera*

radicicola (GREEFF) MÜLLER ¹). Behalve aaltjes trof ZIMMERMANN in de wortels ook schimmels aan en het leek hem niet onwaarschijnlijk, dat deze schimmel — die echter niet nader beschreven wordt — ook in verband met het wortelrot staat.

Het lijkt mij niet onmogelijk, dat ZIMMERMANN in de Lampongs twee wortelziekten heeft waargenomen, die hij als één ziekte heeft beschouwd, want hij zegt, dat in sommige tuinen in korten tijd duizenden ranken afsterven, terwijl elders hier en daar wat planten afsterven, doch zonder dat er een onrustbarende uitbreiding van de ziekte plaats heeft. ZIMMERMANN meent dit verschil te kunnen verklaren door aan te nemen, dat „in den laatsten tijd in de sterk aangetaste tuinen der Ommelanden van Telok Betong bepaalde vijanden der peperplanten, zich onder speciaal gunstige voorwaarden zoo sterk hebben vermenigvuldigd, dat daardoor een ware epidemie onder de peperplanten ontstaan is, terwijl gewoonlijk de door deze zelfde vijanden veroorzaakte schade slechts gering blijft” (l.c. p. 523, 524).

De snel verloopende ziekte gelijkt wat symptomen betreft, sterk op het voetrot. Hoewel ook thans nog weinig bekend is over de rol, die *Heterodera marioni* bij het afsterven van peperplanten kan spelen, staat toch wel vast dat het gallen-vormende aaltje bij peper en andere overjarige gewassen hoogstens geleidelijk verloopende ziekteprocessen te weeg brengt, zoodat niet is aan te nemen dat het acute afstervingsproces, dat ZIMMERMANN beschrijft, door deze aaltjes is veroorzaakt.

In een publicatie in 1901 deelt ZIMMERMANN mede ook in Zuid-Malang de Lampongsche wortelziekte te hebben aangetroffen. De beschrijving van het in Oost-Java geconstateerde ziektebeeld wijkt op verschillende punten af van die in de hiervoor geciteerde publicatie:

1. de gele bladeren vallen „langzamerhand” af; 2. het hout van den stam en de wortels bezit een normale geelwitte kleur (het is dus geen wortelrot!); 3. er werden geen schimmels in de houtvaten aangetroffen.

Het is dus wel zeer de vraag of beide ziekten identiek zijn; wel kan met zekerheid worden geconcludeerd, dat de ziekte in Zuid-Malang geen voetrot is, daar het een langzaam verloopend ziekteproces is en het hout niet donker verkleurt.

Verder bespreekt ZIMMERMANN in genoemd artikel een bladziekte, die gekarakteriseerd wordt door groote bruine plekken, die gewoonlijk van den bladrand uitgaan en die concentrische ringen vertoonen. De

¹) Thans onder den juisteren naam *Heterodera marioni* (CORNÜ) GOODEY bekend, die verder in deze publicatie zal worden gebruikt.

oorzaak van deze ziekte werd niet vastgesteld. Daar bij het voetrot van de peper dergelijke bladvlekken als typisch nevensymptoom kunnen voorkomen, is het niet uitgesloten, dat toen in Oost-Java ook deze ziekte optrad.

Tenslotte vond ZIMMERMANN in Oost-Java nog een stengelziekte van peper. Bij deze ziekte zijn de aangetaste deelen van den stam donkerbruin tot bijna zwart gekleurd, terwijl de tusschen de vaatbundels gelegen zachtere weefsels zoodanig verrot zijn, dat de centraalcylinder in lamellen uiteen valt. Bij de door deze ziekte aangetaste planten blijft vaak een groot deel van het blad verdroogd aan de plant hangen. ZIMMERMANN vond in de aangetaste stammen steeds schimmeldraden in de houtvaten, soms waren de hyphen ook te vinden in het hout van de stengels, die uitwendig nog geen ziekteverschijnselen vertoonden. ZIMMERMANN beschouwt deze schimmeldraden als de oorzaak van de ziekte. Dit behoeft echter niet het geval te zijn, daar RUTGERS (1916b) heeft aangetoond, dat ook in uiterlijk gezonde planten schimmeldraden in de houtvaten kunnen voorkomen, die blijkbaar de plant in het geheel geen schade toebrengen, daar zelfs stekken van dergelijke planten weer normaal opgroeiende planten kunnen leveren, die hetzelfde verschijnsel vertoonen.

Het uitwendige ziektebeeld van de stengelziekte gelijkt in alle opzichten op dat van het voetrot, doch het is op grond van de door ZIMMERMANN gepubliceerde gegevens niet met zekerheid uit te maken of beide ziekten wel identiek zijn.

ZEHNTNER (1904) vermeldt in zijn verslag over November en December 1903 eenige gevallen van pepersterfte in de omgeving van Salatiga. In een deel dezer gevallen werd een verschimmelen der wortels geconstateerd, waardoor in de voorafgegane 2 à 3 jaar duizenden oude ranken (20-25 jaar) zijn afgestorven. De oorzaak van dit afsterven kon niet worden vastgesteld; wel vermeldt ZEHNTNER nadrukkelijk, dat de ziekte niet identiek is met de door ZIMMERMANN in Oost-Java geconstateerde afstervingsziekte, die ook veel jongere planten aantast.

BREDA DE HAAN (1904a) beschrijft in 1904 de wortelziekte van peper uit het Malangsche Zuidergebergte. De beschrijving van het ziektebeeld, die ik hier laat volgen, wijkt echter van die door ZIMMERMANN af, daar vooral de nadruk gelegd wordt op het verrotten van het wortelstelsel (i.e. p. 368):

„In de door mij persoonlijk bezochte aanplantingen deden zich de eerste verschijnselen der ziekte voor door het slap hangen der bladeren en der bladstelen. Reeds vrij spoedig beginnen daarop de verwelkte

bladeren te verkleuren, zij worden geel en de bladstelen kleuren zich bruin en later zwart. Dit verwelken en geel worden der bladeren, geschiedt nagenoeg gelijktijdig over de geheele plant en ziet men deze over haar geheele lengte van onderen tot boven met de gele en spoedig verdorrende bladeren bezet."

„Reeds hierdoor onderscheidt zich de ziekte- (wortel) [*sic*] door het peperaaltje veroorzaakt, van andere ziekten in de peper, daar men in het laatste geval meest slechts een gedeelte per plant ziet verdorren terwijl het ondergedeelte nog met frisch groen blad bezet is. Bij de wortel-ziekte, waar, door zoo straks te beschrijven ziekte-processen, het wortelstelsel ten slotte verrot, wordt daardoor de opvoer van water naar de gansche plant gestremd en verklaart het zich hierdoor hoe alsdan de geheele plant gelijktijdig verdort."

In de wortels werd weer *Heterodera marioni* aangetroffen, die als primaire oorzaak van de ziekte wordt beschouwd. De aantasting door het wortelaaltje zou voor talrijke secundaire microörganismen het binnendringen mogelijk maken en deze zouden den wortel doen verrotten en daardoor de plant doen afsterven.

BREDA DE HAAN heeft echter geen inoculatieproeven met *Heterodera* op peper genomen, zoodat bovenstaande beschouwing over de rol van aaltjes bij schimmel-aantasting zuiver hypothetisch is.

In een tweede publicatie zet BREDA DE HAAN (1904b) zijn standpunt inzake de wortelziekte nog eens uiteen en zegt daarbij (i.e. p. 668): „Hier mag er nogmaals op gewezen worden, dat het aaltje op zich zelve, door de gallen, die het aan de wortels vormt, slechts een geringe voedselonttrekking zoude tengevolge hebben, dat echter de secundaire rottingsprocessen de oorzaak zijn van het doodgaan der peperplant." BREDA DE HAAN bleef echter ook toen in gebreke om de juistheid dezer stelling door inoculatieproeven aan te toonen.

ZEHTNER (1905) geeft in een artikel over de pepersterfte in Oost- en Midden-Java duidelijke beschrijvingen van de te dien tijde op Java voorkomende peperziekten.

Zooals hierboven al is vermeld, doet de door ZIMMERMANN beschreven stengelziekte in vele opzichten denken aan het voetrot, zooals wij dat uit de Lamongs kennen. Uit de uitvoerige beschrijving van ZEHTNER blijkt nu echter, dat beide ziekten niet identiek kunnen zijn. Zoowel bij het voetrot als bij de stengelziekte worden de xyleemgroepen van den stam aangetast, doch bij de laatste ziekte komen geregeld schimmeldraden in de vaten voor, wat bij het voetrot niet het geval is.

Een tweede verschilpunt tusschen genoemde ziekten is, dat hoewel het voetrot soms bovengronds kan beginnen, op den duur steeds de ondergrondse stengeldeelen aangetast worden en verrotten, zoodat eenmaal aangetaste planten zich niet meer herstellen, terwijl bij de stengelziekte een groot deel der aangetaste planten vanuit het gezond gebleven ondergrondse stamdeel weer uitloopen, nadat het bovengrondsche deel der planten is afgestorven.

Zoowel bij het voetrot als bij de stengelziekte valt de stengel tenslotte in lintvormige reepen uiteen, doch dit is niet zoo zeer een typisch ziektesymptoom dan wel een gevolg van den bij meer lianen voorkomenden bouw van den peperstengel, waarin de vaatbundelstrengen door breede mergstralen zijn gescheiden. Bij ieder in den stengel optredend rottingsproces vallen de zachte mergstraalweefsels eerder uiteen dan de houtvaten, zoodat bij alle ziekten, waarbij rotting optreedt, de stengel in reepen uiteen valt.

ZEHNTNER behandelt in genoemd artikel ook de *Heterodera*-ziekte van peper en wijst daarbij op enkele zwakke punten in de hypothese van BREDA DE HAAN. Zoo deelt hij o.a. een geval mee, waarbij de door aaltjes aangetaste dunne wortels levend waren en er overigens gezond uitzagen. De hoofdwortel van dergelijke planten was echter verrot. ZEHNTNER zegt dan: „Waren de rottingsorganismen in zulk een geval door de wondjes binnengedrongen, die de aaltjes hebben gemaakt, dan zouden in de eerste plaats de dunne wortels verrot moeten zijn, terwijl men toch, zooals gezegd, juist het tegenovergestelde waarnemen kan. Men mag aannemen, dat de bedoelde ranken, zonder het optreden van de schimmel, nog jaren in leven hadden kunnen blijven, in weerwil van de aaltjesplaag.” Het is niet uitgesloten, dat ZEHNTNER hier met een geval van voetrot te doen heeft gehad, waarbij het ondergrondse stamdeel en de daaruit ontspringende dikkere wortels in vele gevallen eerder verrotten dan de dunne worteltjes.

Verder beschrijft ZEHNTNER nog een door WURTH in Midden-Java geconstateerde peperziekte, waarvan de oorzaak niet vastgesteld kon worden. De symptomen van deze ziekte gelijken eenigszins op die van het voetrot, maar het feit, dat de ziekte een langzaam verloop heeft en het herstel van een deel der planten in den regentijd doen vermoeden, dat het een andere ziekte is.

In zijn publicatie over het ontijdig afsterven van peper op Bangka rapporteert RUTGERS (1916a) geen enkele ziekte, die met het voetrot eenige overeenkomst vertoont, daar hij geen der op Bangka voorkomende ziekten verrotting van den hoofdstam optreedt. In zijn publicatie over

de pepersterfte in de Lampons, legt RUTGERS (1916b) er den nadruk op, dat *Heterodera* bij het afsterven van peper van weinig beteekenis zou zijn.

RUTGERS onderscheidt in de Lampons twee soorten van ontijdig afsterven van peper en wel een geleidelijk achteruitgaan van tuinen en een plotseling hevig achteruitgaan van goede tuinen „zoodat het den indruk maakt, dat men met een besmettelijke ziekte te doen heeft.” Dit verschijnsel zou gewoonlijk plaats vinden na een zeer droog jaar of na een grooten oogst, de ranken zouden dan niet in staat zijn om zich te herstellen „en het verloop is dan verder als bij de andere tuinen (nl. die waarin langzame afsterving plaats vindt), en loopt uit op ontijdig afsterven.” Deze laatste zin en de opmerking: „het ontijdig afsterven is niet besmettelijk” doen vermoeden, dat RUTGERS in de Lampons het eigenlijke, hier behandelde voetrot niet onder oogen heeft gehad, want daarbij heeft steeds een plotseling afsterven van geheele tuincomplexen plaats, op de wijze als reeds in 1885 uit de Lampons gerapporteerd is, terwijl de wijze van uitbreiding geen twijfel laat over het besmettelijk karakter van de ziekte. RUTGERS is van meening, dat geen der in de oudere literatuur beschreven oorzaken van pepersterfte nl. *Heterodera*, wortelschimmels, vaatschimmels en afsterven van steunboomen de oorzaak van de pepersterfte in de Lampons kan zijn: „als eenige verklaringsmogelijkheid blijft na het uitsluiten van dierlijke en plantaardige parasieten de cultuurtoestand van de pepertuinen.” Een belangrijke factor daarbij is, volgens dezen onderzoeker, dat in verschillende streken, waar het ontijdig afsterven van tuinen voorkwam, goede pepergronden schaarsch zijn, waardoor men óf op minder goede gronden peper is gaan planten óf tot herontginning zijn toevlucht heeft moeten nemen.

RUTGERS komt dan tot de conclusie, dat door verbetering van de cultuurmethode der Lampongers ook op terreinen, waar de peper geregeld ontijdig afsterft, dit euvel geheel zou kunnen worden voorkomen.

De door RUTGERS beschreven vormen van pepersterfte zijn door hem voornamelijk waargenomen in die streken, waar de pepercultuur op minder goede gronden gedreven wordt en de cultuur op een laag peil staat. De Rebangstreken van de Lampons, waar thans het voetrot zulke groote verwoestingen heeft aangericht, liggen juist in het heuvelland, waar de beste pepergronden worden aangetroffen en men nog over maagdelijke gronden de beschikking heeft, terwijl in die streken de cultuur op vele plaatsen op veel hoger peil staat dan de door RUTGERS beschreven cultuurmethode van 20 jaar geleden. Ook worden door het voetrot tuinen aangetast, die juist beginnen te produceeren of nog in het geheel geen

oogst hebben geleverd en dus zeker niet van overdracht hebben te lijden gehad.

In 1922 komt GÄUMANN nog eens terug op het hierboven aangehaalde citaat uit de publicatie van RUTGERS (1916b), waarin deze zegt in de Lampongs soms een snellen hevigen achteruitgang van tuinen te hebben waargenomen, die den indruk maakt, dat men met een besmettelijke ziekte te doen heeft.

Waar RUTGERS er den nadruk op heeft gelegd, dat de pepersterfte in de Lampongs vooral voorkomt in minder goed onderhouden tuinen, die op primitieve wijze zijn aangelegd, wijst GÄUMANN er op, dat hij een acuut verloopenden vorm van afsterving heeft waargenomen in een 5-jarigen, door RUTGERS zelf volgens alle regelen der kunst aangelegden tuin in Buitenzorg. GÄUMANN trof in de bruingekleurde vaatbundels der zieke planten groote hoeveelheden bacteriën aan; deze bacteriën kwamen ook voor in de vaten der bladeren. Verder werd verkleuring der nerven en het optreden van bacteriën in de vaten geconstateerd bij een aantal planten, die er uitwendig nog volkomen gezond uitzagen. Dergelijke planten bleken op den duur ontijdig af te sterven. Met de uit zieke planten geïsoleerde bacteriën werden inoculaties verricht op zaailingen en jonge ranken en daarbij bleek, dat de bacteriën in een week tijds zich over een afstand van 10 cm in de vaten verspreidden. Na 2½ maand gingen 2 der aldus geïnfecteerde zaailingen en 3 der ranken dood. Op grond van deze resultaten stelt GÄUMANN de hypothese op, dat een der vormen van ontijdig afsterven van peper in Sumatra en West-Java, waarbij verkleuring der vaatbundels optreedt, een bacterieziekte is, die langen tijd latent kan blijven; „haar ontwikkeling wordt echter in de hand gewerkt door een achteruitgang der culturomstandigheden, zoodat zij over het algemeen slechts in onvoldoend onderhouden tuinen de overhand krijgt” (l.c. p. 292). Het feit, dat deze ziekte in Buitenzorg juist optrad in „den tuin, die volgens de beste, thans bekende methoden, werd verzorgd” is niet bepaald in overeenstemming met GÄUMANN's uitspraak over den invloed, die onvoldoend tuinonderhoud op het uitbreken van de ziekte heeft!

Uit bovenstaand overzicht blijkt, dat weliswaar een vrij omvangrijke literatuur over pepersterfte in Nederlandsch-Indië bestaat, maar dat in wezen de kennis over dit vraagstuk nog zeer gering is. Met uitzondering van GÄUMANN heeft geen der onderzoekers, die over het ontijdig afsterven van peper hebben gewerkt, zijn opinie over de oorzaak van het verschijnsel op experimenten gefundeerd en is nooit aangetoond, dat

de vermeende verwekkers van de ziekten inderdaad parasitair bij peper optreden.

Wel zijn eenige malen ziekten beschreven, die in sommige opzichten op het voetrot gelijken, doch men is bij de beschrijving veelal te generaliseerend te werk gegaan en men heeft te weinig gelet op de verschillende symptomen en daardoor de inderdaad verschillende ziektevormen niet onderscheiden, om met zekerheid te kunnen zeggen of het voetrot, zooals wij dit thans definieeren, reeds vroeger in studie is geweest.

Het feit, dat bij het thans verrichte onderzoek in Borneo en op Bangka meer chronisch verloopende vormen van het voetrot zijn gevonden, maakt het echter wel waarschijnlijk, dat de onderzoekers, die vroeger langzaam verloopende afstervings- en wortelziekten van peper hebben bestudeerd, daarbij ook door voetrot aangetaste planten onder oogen hebben gehad, zonder echter deze ziekte als zoodanig te herkennen.

5. De oorzaak van het voetrot.

A. Isolatie van de *Phytophthora*. De in zieke tuinen waargenomen verschijnselen wekten in sterke mate het vermoeden, dat het voetrot door schimmels of wel door bacteriën werd veroorzaakt.

In 1930 en 1931 werden ruim 440 isolaties gemaakt uit planten, die in verschillende mate waren aangetast en die uit verschillende streken van de Buitengewesten naar Buitenzorg waren opgezonden. In het geheel werden ca 20 verschillende schimmels en ongeveer 30 verschillende bacteriën geïsoleerd. De geïsoleerde schimmels waren vnl. *Diplodia*, *Gloeosporium* en eenige *Fusarium* spp., daarnaast werden aangetroffen diverse *Penicillium* spp., *Phoma* sp., *Cephalosporium* sp., *Cylindrosporium* sp., *Acrostalagmus* sp., *Trichoderma* sp., *Glomerella* sp. en eenige niet nader gedetermineerde schimmels.

Het groote aantal verschillende organismen, dat uit zieke ranken werd gekweekt, terwijl geen der zwammen of bacteriën in het materiaal van alle herkomsten aanwezig was of in verhouding tot de overige micro-organismen zeer veelvuldig voorkwam, deed reeds vermoeden, dat in plaats van den verwekker van de ziekte, secundaire organismen waren geïsoleerd. Toch werden met alle schimmels en met de het meest voorkomende bacteriën inoculatieproeven verricht, die ook bij verwonde ranken alle negatieve resultaten opleverden.

Bij de eerste isolaties werd het vooral als bezwaar gevoeld, dat steeds materiaal moest worden onderzocht, dat reeds eenige dagen

onderweg was geweest, waardoor secundaire organismen de gelegenheid hadden gehad om zich sterk te vermenigvuldigen. Einde 1931 echter werd voetrot gerapporteerd uit Pelaboean Ratoe (Wijnkoopsbaai) en het was toen mogelijk om het daar verzamelde materiaal binnen 24 uur in het laboratorium te Buitenzorg te onderzoeken. Uit drie van de vier onderzochte planten werd een niet eerder in zieke peperplanten aangetroffen *Phytophthora* spec. geïsoleerd, waarmede bij inoculatieproeven op peper dadelijk de typische symptomen van voetrot te voorschijn geroepen konden worden. Kort daarop werd ook uit door voetrot aangetaste planten afkomstig van Tjilegon Hilir (Zuid-Bantam) een tiental isolaties van een *Phytophthora* sp. verkregen, die eveneens voor peper parasitair bleek te zijn. Ook dit materiaal kon kort na het verzamelen worden onderzocht.

Tijdens het bezoek aan de door voetrot besmette aanplantingen in Bantam werden ook een aantal bladeren met bladvlekken gevonden. Zoowel door kweken op agar als door het uitleggen van stukjes ziek weefsel in steriel water, waarna dan spoedig de typische sporangieën te voorschijn kwamen, kon de aanwezigheid van een *Phytophthora* worden aangetoond.

Na deze ervaringen op Java werd het noodzakelijk geacht om ook in de Lampons na te gaan of daar eveneens een *Phytophthora* in de door voetrot aangetaste planten voorkwam. Hiertoe werd in Augustus 1932 een geïmproviseerd veldlaboratorium ingericht te Kasoei (onderafdeeling Kotaboemi), dat te midden van complexen zieke pepertuinen was gelegen. Hierdoor was het mogelijk om geheel versch materiaal te werken. Bij dit onderzoek werden uit uitwendig ontsmette, pas aangetaste ranken, waaraan de infectie slechts door een donkergroene verkleuring van den bast kenbaar was, uitsluitend isolaties van *Phytophthora* verkregen, evenals uit pas gevormde bladvlekken. Bij later te Buitenzorg genomen inoculatieproeven bleek deze zwam voor peper zeer virulent te zijn.

Bij het onderzoek van het oorspronkelijke zieke materiaal en ook bij het maken van her-isolaties uit kunstmatig geïnfecteerde planten bleek, dat de *Phytophthora* slechts in een smalle zone op de grens van ziek en gezond weefsel levend is en in het zieke weefsel op den voet gevolgd wordt door een groot aantal secundaire organismen, die het eigenlijke wegrotten van de zachtere stengelweefsels bewerkstelligen. De snelle opvolging van de *Phytophthora* door andere organismen, een verschijnsel, dat men ook bij andere door *Phytophthora* veroorzaakte ziekten, zooals de gomziekte bij *Citrus* kent, verklaart het negatieve resultaat van de

eerste isolatie-pogingen, waarbij noodgedwongen steeds moest worden uitgegaan van materiaal, dat reeds eenige dagen onderweg was geweest, voordat het kon worden verwerkt.

Bij de eerste vergelijkende inoculatieproeven op peper — die hieronder nog nader zullen worden behandeld — was gebleken, dat de peper-*Phytophthora* in hooge mate specifiek voor dit gewas is en dat vooral peperbladeren zeer gemakkelijk kunnen worden geïnfecteerd. Er werd getracht van deze eigenschap partij te trekken voor het identificeren van de ziekte in materiaal, dat van elders werd opgezonden en in meer of minder verrotten staat in Buitenzorg aankwam. De hiervoor gebruikte methode stemt in groote trekken overeen met de door JENSEN (1917, 1918/19) voor het vaststellen van besmetting door *Phytophthora parasitica* var. *nicotianae* uitgewerkte „vangmethode”, waarbij tabaksbladeren in bevoeiingsleidingen worden gehangen of met een brei van aarde worden bestreken om vast te stellen of het water, respectievelijk de aarde, besmet is.

Bij het onderzoek op voetrot werden natgemaakte stukken verdacht materiaal in versch geplukte peperbladeren gewikkeld en wel zóó dat het materiaal met den onderkant der bladeren in contact kwam. Eventueel met de monsters medegezonden aarde werd in glasdoozen gedaan en goed vochtig gemaakt, waarna er peperbladeren met hun onderzijde op werden gelegd. De aarde in de doozen werd dagelijks licht bevochtigd, terwijl door deze doozen met een deksel af te sluiten ervoor werd gezorgd, dat ook de luchtvochtigheid zeer hoog bleef.

Indien *Phytophthora* aanwezig was, vertoonden de bladeren na 1-3 dagen de typische vlekken, waaruit de zwam zonder moeite kon worden geïsoleerd. Op deze wijze was het mogelijk om zelfs uit materiaal, opgezonden uit Midden-Java, Bangka en Zuid-Borneo, de schimmel te kweken.

B. Inoculatieproeven. De hieronder behandelde proeven werden meerendeels in 1932 genomen met de cultures, die geïsoleerd waren uit het materiaal afkomstig van Java. In 1933 en 1934 werden de inoculatieproeven op peper herhaald met in de Lampongs geïsoleerde stammen. De peper-*Phytophthora*'s zijn in de tabellen als volgt aangeduid:

Ph. 1, geïsoleerd uit voetrotte planten van Pelaboean Ratoe (Wijnkoopsbaai);

Ph. 2, geïsoleerd uit voetrotte planten van Tjilegon Hilir (Bantam);

Ph. 3, geïsoleerd uit bladvlekken op peper van Tjilegon Hilir (Bantam);

Ph. 4-6, geïsoleerd uit voetrotte peperplanten van Kasoei (Lampongs).

Ook werden een aantal inoculaties verricht met eenige *Phytophthora*-species van andere gewassen afkomstig, door Dr C. HARTLEY en door Mej. Dr M. B. SCHWARZ geïsoleerd in de jaren 1920-1926 en nog aanwezig in de schimmel-collectie van het Instituut voor Plantenziekten. Deze stammen bleken nog niets van hun virulentie te hebben verloren. Deze cultures zijn dezelfde als die, welke door TUCKER (1931) in zijn monographie over het genus *Phytophthora* zijn behandeld; de door TUCKER aan deze vormen gegeven namen zijn ook in het onderstaande gebruikt. Voor de vergelijkende inoculatieproeven op peper werden vooral stammen van de *Ph. palmivora*-groep gebruikt, die bij cultuur op agar-voedingsbodems zeer groote gelijkenis met het uit peper geïsoleerde organisme vertoonen.

Behalve op peper werden ook inoculaties gemaakt op gewassen, waarvan bekend was, dat zij voor *Phytophthora*-soorten vatbaar zijn.

In de meeste proefseries zijn inoculaties gemaakt zoowel op verwonde als op niet-verwonde plantendeelen.

Bij de inoculaties op peper-stengels en -bladeren werden de verwondingen gemaakt door met een steriel mes de epidermis of de kurklaag over een oppervlakte van eenige mm² weg te krabben. Op andere gewassen werd de verwonding meestal te weeg gebracht door met een steriel gemaakte kurkboor van 5 mm diameter een laagje weefsel van 1 à 2 mm dikte weg te nemen.

Het enten geschiedde in de meeste gevallen door het op de gewenschte plaats aanbrengen van een plukje mycelium van een cultuur op agar of op rijst (soms werd een met de schimmel doorgroeide rijstkorrel als inoculum gebruikt), dat vervolgens met een propje vochtige watten werd afgedekt.

De uitkomsten der proeven, die alle te Buitenzorg zijn genomen, zijn in tabelvorm gerangschikt, terwijl telkens het resultaat der inoculaties in een breuk is uitgedrukt, waarvan de noemer het aantal gemaakte entingen en de teller het aantal geslaagde infecties aangeeft.

I. Inoculatieproeven op peper. Bij de inoculatieproeven op peper, die te Buitenzorg werden genomen op in den Cultuurtuin of in den tuin van het Instituut voor Plantenziekten staande ranken, werden zoowel op den stam als op bladeren inoculaties gemaakt. De uitkomsten van beide series proeven zullen hieronder afzonderlijk worden behandeld.

Tabel 1.

Inoculaties met diverse *Phytophthora* spp. op peperstammen.

(Inoculations with a number of *Phytophthora* spp. on pepper vines).

Geïnoculeerd met: (Inoculated with:)	Verwond (wounded)	Niet verwond (unwounded)	Opmerkingen (Remarks)
Ph. 1 (Pepper-strain 1)	14/14	11/11	afsterven der verwonde planten 2-3 weken na inoculatie; afsterven der niet-verwonde planten 4-8 weken na inoculatie. (wounded plants killed 2-3 weeks after inoculation, unwounded plants killed 4-8 weeks after inoculation).
Ph. 2 (Pepper-strain 2)	6/6	6/6	
Ph. 3 (Pepper-strain 3)	4/4	4/4	
Ph. 4-6 (Pepper-strains 4-6)	15/15	10/10	
Ph. palmivora van cacao kolf (from cocoa pod)	0/5	0/4	bij wond-infectie geringe zwarte verkleuring om de wond. (on wounded vines a small black discoloration surrounding the wound).
Ph. palmivora van cacao kanker (from cocoa stem-canker)	0/2	0/2	
Ph. palmivora van Hevea vrucht (from Hevea fruit)	0/2	0/2	
Ph. palmivora van Hevea tak (from Hevea twig)	0/2	0/2	bij wond-infectie geringe zwarte verkleuring om de wond. (on wounded vines a small black discoloration surrounding the wound).
Ph. citrophthora van Citrus (from Citrus)	0/2	0/2	
Ph. palmivora van Carica papaja (from papaw fruitrot)	0/3	0/2	
Ph. palmivora van Cocos nucifera (from coconut budrot)	0/3	0/3	
Ph. meadii van Vanilla planifolia (from vanilla)	0/2	0/2	
Ph. parasitica van Solanum melongena (from fruitrot of egg plant)	0/2	0/2	

Zooals uit tabel 1 blijkt, zijn alleen de uit peper geïsoleerde *Phytophthora*-stammen in staat de planten ziek te maken. De met de overige *Phytophthora*-stammen besmette ranken waren 4 maanden na de inoculatie nog gezond.

Met de Lampong-stammen No. 4-6 slaagden op verwonde ranken alle 15 inoculaties, van de 10 niet-verwonde ranken stierven er acht 4-6 weken na de inoculatie, één 8 weken en één 11 weken na het aanbrengen van het inoculum.

Bij de met de peper-*Phytophthora* besmette, verwonde planten is na 4-6 dagen de omgeving van de infectieplaats over een afstand van ca 10 cm zwart gekleurd. Na ongeveer 10 dagen beginnen de onderste bladeren te verwelken, welk proces vrij snel naar boven toe voortschrijdt. Afhankelijk van de lengte van de rank duurt het 2-3 weken na de infectie eer de geheele rank verwelkt is (foto 3 en 4). Ook de weersgesteldheid heeft belangrijken invloed op de snelheid waarmede de plant verwelkt: bij droog weer heeft dit proces aanmerkelijk vlugger plaats dan bij regenachtig weer. Vaak beginnen de onderste bladeren af te vallen, vòòrdat de topbladeren verwelkt zijn. Wanneer de plant eenmaal is verwelkt, verliest zij in korten tijd vrijwel al haar blad, ook de meeste dunnere zijtakken vallen dan van den hoofdstengel af. Soms blijft een deel van het blad verdroogd aan de rank zitten. Ik kreeg den indruk, dat bij droog weer, — wanneer dus het verwelkingsproces snel verloopt — meer dood blad aan de ranken blijft zitten, dan bij vochtig weer.

Bij verwonde planten sterven de gelijktijdig geënte planten ook ongeveer terzelfder tijd af. Bij niet-verwonde planten verloopt de aantasting veel onregelmatiger. Dergelijke planten vertoonen soms eerst 4-6 weken na de inoculatie de eerste ziekteverschijnselen.

Uit de kunstmatig ziek gemaakte planten kon de *Phytophthora* steeds weder worden geïsoleerd.

In de tabellen 2 en 3 zijn de resultaten der inoculatieproeven op peperbladeren samengevat. In deze proeven werd nagegaan of er verschillen in vatbaarheid bestonden tusschen de boven- en de onderzijden van het blad, daar bij het anatomisch onderzoek van peperbladeren was gebleken, dat deze slechts aan hun onderzijde van huidmondjes zijn voorzien.

Tabel 2.

Inoculaties op peperbladeren.

(Inoculations on pepper leaves).

Geinoculeerd met mycelium en sporangiën van: <i>(Inoculated with mycelium and sporangia of:)</i>	Bovenzijde v/h blad <i>(Upside of the leaf)</i>		Onderzijde v/h blad <i>(Underside of the leaf)</i>	
	verwond <i>(wounded)</i>	niet verwond <i>(unwounded)</i>	verwond <i>(wounded)</i>	niet verwond <i>(unwounded)</i>
<i>Ph. 1 (Pepper-strain No. 1)</i>	6/6	6/6	15/15	15/15
<i>Ph. 2 (Pepper-strain No. 2)</i>	6/6	6/6	15/15	15/15
<i>Ph. 3 (Pepper-strain No. 3)</i>	6/6	6/6	15/15	15/15
<i>Contrôle (Controls)</i>	0/5		0/15	

De bladvlekken op de verwonde bladeren waren 1 dag eerder zichtbaar dan die op de niet-verwonde bladeren, waarop zij na 2 dagen verschenen. Overigens was het verloop van de aantasting ongeveer even snel. Bij de verwonde bladeren hadden de vlekken 3 dagen na de infectie een diameter van 4-5 cm.

Tabel 3.

Inoculaties met zwermsporen op peperbladeren.

(Inoculations with swarmspores on pepper leaves).

Geinoculeerd met zwermsporen in een druppel water <i>(Inoculated with swarmspores in droplet of water)</i>	Bovenzijde v/h blad <i>(Upper surface of the leaf)</i>	Onderzijde v/h blad <i>(Lower surface of the leaf)</i>
	niet verwond <i>(unwounded)</i>	niet verwond <i>(unwounded)</i>
<i>Ph. 1 (Pepper-strain No. 1)</i>	0/10	12/12
<i>Ph. 3 (Pepper-strain No. 3)</i>	0/10	8/10
<i>Ph. 4-6; Isolaties uit de Lampongs (Pepper-strains No. 4-6, from the Lampong Residency)</i>	0/30	22/23

De in tabel 3 behandelde proeven werden genomen met aan de planten zittende bladeren; bij afgeplukte bladeren in Petri-schalen werden bij het enten met zwerm-sporen dezelfde verschillen in gevoeligheid tusschen boven- en onderzijde van het blad geconstateerd.

Uit de bladvlekken kon de schimmel steeds weder worden geïsoleerd.

De druppels met zwerm-sporen werden buiten tusschen 5 en 6 uur n.m. op de bladeren gebracht om snelle verdamping van de druppels te voorkomen. Na 12 tot 18 uur gaf een 1-2 mm groote donkergroene verkleuring reeds aan, dat de infectie was geslaagd; $1\frac{1}{2}$ - $2\frac{1}{2}$ dagen na de inoculatie waren de plekken 1-2 cm groot en breidden zich op dezelfde wijze uit en kwamen ook in uiterlijk geheel overeen met de plekken, die op de onderste bladeren van gezonde planten in met voetrot besmette tuinen worden gevonden.

Uit de tabellen 2 en 3 blijkt, dat het belangrijk verschil maakt of de entingen met mycelium + sporangiën of met zwerm-sporen worden gemaakt, in het eerste geval zijn van niet-verwonde bladeren de onder- en bovenzijde even gevoelig, terwijl in het laatste geval de zwam alleen aan de onderzijde — waar de huidmondjes zich bevinden — kan binnendringen. Het aantal huidmondjes aan de onderzijde van de bladeren bedraagt 16 tot 24 per mm², gemiddeld 20; aan de bovenzijde der bladeren ontbreken zij geheel.

Wanneer de zwam eenmaal was binnengedrongen, was het verloop van de ziekte in met mycelium + sporangiën en in de met zwerm-sporen beënte bladeren gelijk.

Op het grijze centrum der vlekken volgt een zwartbruine ring, daarop volgt een lichter bruin gekleurde zone, vervolgens weer een donkerbruine zone enz. Rondom de necrotische vlek vertoont het weefsel een donkergroene kleur alsof het met water doortrokken is; op dit gedeelte, waarin de schimmel nog niet in het weefsel is gedrongen, worden gedurende den nacht eenigszins geel getinte druppels vocht afgescheiden (foto 5).

De zone-vorming schijnt te ontstaan door de dagelijksche schommeling in de luchtvochtigheid, want wanneer pas geïnfecteerde bladeren gebracht worden in een met waterdamp verzadigde atmosfeer, dan heeft de verdere uitbreiding der vlekken zonder zone-vorming plaats.

Op de achterzijde der vlekken werden bij vochtig weer 's nachts in groote massa's sporangiën gevormd, die buiten meestal overdag weer verdroogden. Bij dicht bij den grond geplaatste bladeren, die bovendien door hooger geplaatste bladeren werden beschaduwed, bleven ook overdag de sporangiën in leven. Ongetwijfeld zijn de op de lagere bladeren

voorkomende vlekken met sporangiën een belangrijke factor bij de vermeerdering van de schimmel in den aanplant. Gewoonlijk vallen de aangetaste bladeren af vòòrdat de verkleuring den bladsteel heeft bereikt. Er kon nog niet worden vastgesteld of een stengel vanuit het blad langs den bladsteel kan worden geïnfecteerd. Soms werd echter geconstateerd, dat het bovenende van den bladsteel door de *Phytophthora* is aangetast vóór dat het blad afvalt, zoodat stengelinfectie via de bladeren mogelijk moet worden geacht. Verder werd waargenomen, dat op de afgefallen bladeren de schimmel nog eenigen tijd in leven blijft en bij voldoende vocht daarop zeer rijkelijk sporangiën vormt.

De beteekenis van de bladvlekken en van de daarop tot ontwikkeling komende sporen voor de verspreiding van de ziekte zal bij de behandeling van de epidemiologie van de ziekte nog uitvoerig ter sprake komen.

II. *Inoculatieproeven op andere gewassen.* In de eerste plaats werden inoculaties gemaakt op groene, nog onrijpe papaja-vruchten. De resultaten van deze proef zijn in tabel 4 samengevat.

Tabel 4.

Inoculaties op onrijpe vruchten van *Carica papaja*.

(*Inoculation experiments upon unripe papaw fruits*).

Geënt met: (<i>Inoculated with:</i>)	verwond (<i>wounded</i>)	niet verwond (<i>unwounded</i>)
<i>Ph. 1</i> (<i>Pepper-strain No. 1</i>)	2/2	2/2
<i>Ph. palmivora</i> van <i>Carica papaja</i>	2/2	2/2
Contrôle (<i>Controls</i>)	0/2	

Op verwonde vruchten verliep de aantasting door *Ph. 1* even snel als die door de *Phytophthora palmivora* van papaja, op niet-verwonde vruchten was de laatste aanmerkelijk virulenter.

Uit het aangetaste gedeelte der vruchten, dat een waterig donker-groene kleur vertoonde, traden druppels latex naar buiten.

Op de zieke plekken vormden beide schimmels sporangiën; zij konden uit het aangetaste weefsel steeds weder worden geïsoleerd.

Op cacao werden zoowel op vruchten als op de stammen van een tweetal in den Cultuurtuin geplante variëteiten inoculaties gemaakt. Ter vergelijking werden proeven genomen met twee *Ph. palmivora*-stammen, die door HARTLEY respectievelijk van zieke cacao-kolven en van stamkanker van cacao waren geïsoleerd.

Tabel 5.

Inoculaties op kolven van *Theobroma cacao*.
(*Inoculation experiments on cocoa pods*).

Cacao-variëteit (<i>cocoa variety</i>)	Phytophthora-stam: (<i>Phytophthora strain</i> :)	verwond (<i>wounded</i>)	niet verwond (<i>unwounded</i>)
Poerbojo No. 4	<i>Ph. 1 (Pepper-strain No. 1)</i>	4/4	2/4
" " 4	<i>Ph. palmivora</i> van cacao-kolf (<i>from cocoa pod</i>)	2/2	2/2
" " 4	Contrôle (<i>Controls</i>)	0/2	
Poerbojo No. 6	<i>Ph. 1 (Pepper-strain No. 1)</i>	2/2	0/2
" " 6	<i>Ph. palmivora</i> van cacao-kolf (<i>from cocoa pod</i>)	2/2	2/2
" " 6	Contrôle (<i>Controls</i>)	0/2	

Zoowel op de verwonde als op de onverwonde kolven van Poerbojo No. 4 verliep de aantasting door *Ph. 1* slechts iets minder snel dan die door *Phytophthora palmivora*; beide schimmels deden tenslotte de geheele kolf verrotten; bij Poerbojo No. 6 was een duidelijk verschil in virulentie merkbaar: de *Phytophthora palmivora* tastte de vruchten snel aan en verspreidde zich in korten tijd over de geheele vrucht; bij de inoculaties met de peper-*Phytophthora* bleef de infectie beperkt tot een plek van ca 3 cm diameter, terwijl niet-verwonde vruchten niet werden aangetast.

Op de cacaokolven werden door beide *Phytophthora*-stammen sporangîën gevormd. Uit het aangetaste gedeelte konden de schimmels gereïsoleerd worden.

Tabel 6.

Inoculaties op stammen van *Theobroma cacao* (Poerbojo No. 6).

(Inoculation experiments on stems of cocoa).

Geinoculeerd met <i>Phytophthora</i> -stam: (Inoculated with <i>Phyt. strain</i> :)	verwond (wounded)	niet verwond (unwounded)
<i>Ph. 1</i> (Pepper-strain No. 1)	2/2	0/2
<i>Ph. palmivora</i> van cacaokolf (<i>Ph. palmiv. from cocoa pod</i>)	2/2	0/2
<i>Ph. palmivora</i> van cacao-kanker (<i>Ph. palmiv. from stem canker of cocoa</i>)	2/2	0/2
Contrôle (Controls)	0/2	

Uit tabel 6 blijkt, dat de peper-*Phytophthora* zich op de cacao-stammen op dezelfde wijze gedroeg als de beide van deze plant geïsoleerde *Ph. palmivora*-stammen. Ook waren de door de peper-*Phytophthora* veroorzaakte plekken, wat vorm en kleur betreft, geheel gelijk aan die, welke door de van cacao afkomstige stammen werden veroorzaakt.

Na 13 dagen hadden de plekken de in tabel 7 vermelde afmetingen verkregen.

Tabel 7.

Grootte der aangetaste plekken op cacao-stammen.

(Size of the lesions on cocoa stems, 13 days after inoculation).

Geinoculeerd met: (Inoculated with:)	Lengte (length)	Breedte (breadth)
<i>Ph. 1</i> (Pepper-strain No. 1)	77 mm	9 mm
<i>Ph. palmivora</i> van cacaokolf (from cocoa pod)	55 mm	9 mm
<i>Ph. palmivora</i> van cacao-kanker (from cocoa stem-canker)	60 mm	9 mm

Op stammen van Poerbojo No. 6 is dus de peper-*Phytophthora* minstens even virulent als de cacao-*Phytophthora*.

Bij kunstmatige infectie met *Ph. 1* op den bast van 2-jarige boomen van *Hevea brasiliensis* werd gevonden, dat de schimmel den bast over een strook van 5 cm boven en beneden de infectieplaats deed afsterven. Ook drong de schimmel in het hout door. In den bast en in het hout traden bruinzwarte strepen op.

Verder werd een inoculatieproef genomen op den bast van 15-jarige boomen; bij deze proef was voor vergelijking geen cultuur van een *Phytophthora* van *Hevea*-bast beschikbaar, wel een cultuur van een *Phytophthora* van *Hevea*-vruchten, door TUCKER (1931) als *Ph. palmivora* (stam 116) gedetermineerd.

Tabel 8.

Inoculaties op stambast van *Hevea brasiliensis*.
(*Inoculation experiments on the bark of Hevea brasiliensis*).

Geinoculeerd met: (<i>Inoculated with:</i>)	verwond (<i>wounded</i>)	niet verwond (<i>unwounded</i>)
<i>Ph. 1</i> (<i>Pepper-strain No. 1</i>)	3/3	0/3
<i>Ph. palmivora</i> van <i>Hevea</i> -vrucht) (<i>from Hevea fruit</i>)	3/3	0/3
Contrôle (<i>Controls</i>)	0/2	

Het verloop van de aantasting was bij beide schimmels gelijk: de bast en het cambium stierven af over een breedte van ca 1 cm en een lengte van 3-3,5 cm, terwijl de bast inwendig over een afstand van 5 cm bruin verkleurd was. Ook het onder de infectieplaats liggende hout was over een afstand van ca 5 cm bruin verkleurd.

Inoculaties op *Hevea*-vruchten slaagden zoowel op verwonde als op niet-verwonde vruchten: in 4 dagen waren de niet-verwonde vruchten verrot. De aantasting verliep even snel als bij infectie met den van *Hevea*-vruchten geïsoleerden *Phytophthora*-stam.

Op *Ricinus communis* werden inoculaties gemaakt op uitgegroeide bladeren en op stengels van krachtig groeiende scheuten van één-jarige planten en op zaailingen van ca 20 cm hoogte. Op de eerste werden alleen entingen met een van peper geïsoleerde *Phytophthora*-stam gemaakt (tabel 9), terwijl op de zaailingen de *Phytophthora* van peper met een tweetal *Ph. palmivora*-stammen en een van *Ricinus* geïsoleerde *Ph. parasitica*-stam werden vergeleken (tabel 10).

Tabel 9.

Inoculaties op scheuten en bladeren van *Ricinus communis*.
(Inoculation experiments on shoots and leaves of Ricinus communis).

Geïnoculeerd met: (Inoculated with:)	bladeren (leaves)		stengel (shoots)	
	verwond (wounded)	niet verwond (unwounded)	verwond (wounded)	niet verwond (unwounded)
Ph. 1 (Pepper-strain No. 1)	4/4	0/4	5/5	0/2
Contrôle (Controls)	0/4		0/3	

De grootte der aantastingen op de stengels en bladeren der scheuten liep sterk uiteen: na 5 dagen bedroeg de lengte der vlekken op den stengel 2-12 cm en de breedte 1-3 cm. In één geval stierf het boven de infectieplaats gelegen deel van den scheut af.

De diameter der bladvlekken bedroeg 0.5-3 cm.

Op de stengels en de bladeren werden sporangïën gevormd.

Tabel 10.

Inoculaties op zaailingen van *Ricinus communis*.
(Inoculation experiments on seedlings of Ricinus communis).

Geïnoculeerd met: (Inoculated with:)	bladeren (leaves)		stengels (stems)	
	verwond (wounded)	niet verwond (unwounded)	verwond (wounded)	niet verwond (unwounded)
Ph. 1	6/6	1/5	4/4	0/4
Ph. parasitica van <i>Ricinus</i>	4/4	1/4	3/3	3/3
Ph. palmivora van Cacao	2/4	0/3	1/4	0/3
Ph. palmivora van <i>Carica papaja</i>	2/4	0/4	3/3	0/4
Contrôle (Controls)	0/4		0/4	

De geslaagde infecties op de *Ricinus*-zaailingen verliepen bij alle *Phytophthora*-stammen even snel. Op de bladeren ontstonden slechts kleine,

smalle vlekken langs de nerven; de aangetaste bladeren vielen echter eerder af dan gezonde. Ook op de stengels kregen plekken slechts een geringe uitbreiding.

Van *Solanum melongena* werden slechts rijpe vruchten — die in de natuur soms tengevolge van een aantasting door *Ph. parasitica* in rotting overgaan — voor de inoculatieproeven gebruikt. De resultaten dezer proeven zijn in tabel 11 samengevat.

Tabel 11.

Inoculaties op vruchten van *Solanum melongena*.
(Inoculation experiments on fruits of *Solanum melongena*).

Geïnoculeerd met: (Inoculated with:)	verwond (wounded)	niet verwond (unwounded)
<i>Ph. 1</i> (Pepper-strain No. 1)	17/17	3/4
<i>Ph. 2</i> (Pepper-strain No. 2)	5/5	—
<i>Ph. 3</i> (Pepper-strain No. 3)	5/5	—
<i>Ph. parasitica</i> van <i>Sol. melongena</i> (from egg plant)	5/5	4/4
Contrôle (Controls)	5/5	—

De geslaagde infecties verliepen zeer snel, in 4-5 dagen waren de vruchten verrot.

Bij de door de peper-*Phytophthora* aangetaste vruchten werd op de rotte plek een witte, poederige laag van conidiën gevormd, terwijl luchtmycelium totaal ontbrak; bij de door *Phytophthora parasitica* van *S. melongena* aangetaste vruchten werd het zieke gedeelte bedekt door een dikke, wollige laag wit lucht-mycelium, terwijl slechts weinig sporangiën werden gevormd.

Door inoculatie van terong-vruchten was het steeds mogelijk om voor proeven met sporangiën van de peper-*Phytophthora* de benodigde hoeveelheden sporangiën te verkrijgen.

In de proeven met *Solanum lycopersicum* werden zoowel verwonde als niet-verwonde, groene, volwassen vruchten geïnoculeerd.

Alleen verwonde vruchten konden door de peper-*Phytophthora* worden aangetast. De vruchten verrotten in 4 dagen; op de schil werden sporangiën gevormd.

Voorts werden inoculaties verricht op stengels en bladeren van *Nicotiana tabacum*. De geënte planten waren ± 50 cm hoog. De uitkomsten der proeven zijn vermeld in tabel 12.

Tabel 12.

Inoculatie op *Nicotiana tabacum*.
(*Inoculation experiments on Nicotiana tabacum*).

Geinoculeerd met: (<i>Inoculated with:</i>)	stengel (<i>stem</i>)		blad (<i>leaves</i>)	
	verwond (<i>wounded</i>)	niet verwond (<i>unwounded</i>)	verwond (<i>wounded</i>)	niet verwond (<i>unwounded</i>)
<i>Ph. 1</i> (<i>Pepper-strain No. 1</i>)	2/5	0/2	8/8	0/3
<i>Ph. parasitica</i> var. <i>nico-</i> <i>tianae</i> van tabak (<i>from tobacco</i>)	5/5	4/5	5/5	5/5
Contrôle (<i>Controls</i>)	0/3		0/3	

De door de peper-*Phytophthora* veroorzaakte aantastingen bleven veel kleiner dan de door *Ph. parasitica* var. *nicotianae* veroorzaakte. Bij de door laatstgenoemde zwam veroorzaakte infecties gingen steeds de boven de infectieplaats ingeplante bladeren slap hangen; bij één der door *Ph. 1* aangetaste stengels was zulks gedeeltelijk het geval en daarbij bleef de verwelking slechts tot de beide recht boven de zieke plek gelegen bladeren beperkt.

Daar bekend is, dat bladeren van *Phalaenopsis amabilis* door *Phytophthora* spec. kunnen worden aangetast, werden ook op deze orchidee inoculaties verricht. De inoculaties met *Ph. 1* slaagden alleen op verwonde bladeren en riepen daar de typische symptomen van *Phytophthora*-rot van angrek boelan te voorschijn. Er ontstonden eerst waterige en daarna grijsgroene plekken, omgeven door een zwart verkleurde zône. Op de zieke vlekken werden sporangiën gevormd.

Slechts op verwonde bladeren van *Colocasia antiquorum* veroorzaakte *Ph. 1* bladvlekken, die zich niet verder dan $1\frac{1}{2}$ cm van de entplaats uitbreidden. Er werden geen sporen op het zieke weefsel gevormd. Bij vroeger door mij genomen proeven met *Phytophthora colocasiae* werden zoowel verwonde als niet-verwonde bladeren aangetast, terwijl de plekken een doorsnede van 6-8 cm kregen.

III. *Bespreking van de resultaten der inoculatieproeven.* Door de inoculatieproeven is gebleken, dat de *Phytophthora*, die uit door voetrot aangetaste peperstammen en uit de voor voetrot eveneens typische bladvlekken werd geïsoleerd, voor peper zeer virulent is en van de vergeleken *Phytophthora*-stammen de eenige vorm is, die peper kan aantasten en de typische ziekteverschijnselen kan veroorzaken. Zij kan dus als de oorzaak van het voetrot worden beschouwd.

Verder is vastgesteld, dat deze schimmel behalve peper de volgende gewassen kan infecteeren:

	verwond	niet verwond
<i>Carica papaja</i> vruchten	+	+
<i>Theobroma cacao</i> vruchten	+	+
" " stam	+	—
<i>Hevea brasiliensis</i> bast	+	—
" " vruchten	+	+
<i>Ricinus communis</i> stengel	+	—
" " blad	+	+
<i>Solanum melongena</i> vruchten	+	+
" " lycopersicum vruchten	+	—
<i>Nicotiana tabacum</i> stengel	+	—
" " blad	+	—
<i>Phalaenopsis amabilis</i> blad	+	—
<i>Colocasia antiquorum</i> blad	+	—

De peper-*Phytophthora* is op deze gewassen gewoonlijk minder virulent dan de uit genoemde planten geïsoleerde *Phytophthora*-stammen.

In de buitenlandsche literatuur zijn ook verwelkingsziekten van *Piperaceae* beschreven, die door *Phytophthora* spec. veroorzaakt zijn. De meeste dezer onderzoeken hebben echter betrekking op afsterving van sirih, *Piper betle*. Zooals hierboven al is vermeld, is in Bantam, in de Lampongs en in Atjeh waargenomen, dat het voetrot ook sirihplanten kan aantasten en daarom is het wel gewenscht om hier in het kort de op sirih betrekking hebbende literatuur te refereeren.

In Britsch-Indië heeft vooral DASTUR (1925, 1926, 1927, 1931) onderzoeken over *Phytophthora*-voetrot van sirih verricht. De symptomen van deze ziekte komen geheel met die van het hier te lande geconstateerde pepervoetrot overeen. Ook DASTUR vermeldt, dat het zeer moeilijk is de *Phytophthora* in de zieke weefsels te vinden, omdat deze

schimmel op den voet gevolgd wordt door secundaire organismen, waaronder *Gloeosporium* spp. een belangrijke plaats innemen.

Uit zijn laatste publicatie (1931) en uit een uitvoerige publicatie van McRAE (1934) blijkt, dat de sirih in Britsch-Indië wordt gekweekt op een wijze, die sterk afwijkt van die in Nederlandsch-Indië en wel in zeer dicht geplante rijen in een soort half-schaduw loodsen, waarin door de groote bodem- en luchtvochtigheid optimale voorwaarden voor een snelle uitbreiding van de ziekte worden geschapen.

Ook HECTOR (1927), McRAE (1928a, 1928b, 1930, 1932, 1933, 1934) vermelden het voorkomen van *Phytophthora*-voetrot bij sirih in Britsch-Indië. In 1930 deelt McRAE mede, dat *Ph. parasitica* de oorzaak van deze ziekte is. Dezelfde ziekte wordt ook door SUNDARARAMAN (1928) en UPPAL (1931) behandeld, waarbij laatstgenoemde er de aandacht op vestigt, dat *Phytophthora*-voetrot voornamelijk in den natten tijd en voetrot door *Sclerotium Rolfsii* in hoofdzaak in den drogen tijd optreedt. VENKATA RAU (1929) heeft in Mysore in door verwelkingsziekte aangetaste peper (*Piper nigrum*) de aanwezigheid van een *Phytophthora* sp. geconstateerd.

Ook uit Ceylon is in 1918 een *Phytophthora*-voetrot van sirih gerapporteerd (ANONYMUS 1918).

In de Federated Malay States hebben THOMPSON (1926, 1928, 1929, 1933) en ook TEMPANY (1932) onderzoekingen over de *Phytophthora*-ziekte van sirih verricht. De door THOMPSON beschreven symptomen van het voetrot komen geheel met die van het hier te lande optredende pepervoetrot overeen. Van belang is, dat THOMPSON — evenals schrijver dezes in de Lampongs — heeft waargenomen, dat de ziekte soms begint in een ongeveer 1 voet boven den grond gelegen internodium. In Malakka treedt de ziekte vooral op in slecht afwaterende tuinen.

De door THOMPSON geïsoleerde schimmel zou volgens determinatie door ASHBY *Phytophthora colocasiae* zijn (THOMPSON 1928, 1929).

Uit het bovenstaande overzicht volgt, dat door *Phytophthora* spec. veroorzaakte verwelkingsziekten van *Piperaceae* in de tropen van Zuid-Oost-Azië zeer verbreid voorkomen.

C. Systematische plaats van de schimmel. Het determineren van de tot het geslacht *Phytophthora* behoorende schimmels levert diverse moeilijkheden op, daar de morphologische kenmerken, zooals de maten van reproductie-organen, in hooge mate variabel zijn, zoodat het noodig is om ook physiologische kenmerken in de diagnose te betrekken (LEONIAN 1925, 1927; LEONIAN & GEER 1929; TUCKER 1931).

Het was niet mogelijk om van de door LEONIAN in 1925 tot het geslacht *Phytophthora* gegeven determinatie-tabel gebruik te maken, daar diverse ingrediënten voor de bereiding van de voor differentieëring benodigde oplossingen niet beschikbaar waren. Er is daarom gewerkt volgens de door TUCKER in 1931 gegeven tabel (i.e. p. 190-191).

Bij dit onderzoek bleken alle der van peper geïsoleerde stammen te behoren tot de groep met van een papil voorziene sporangiën, waartoe *Ph. palmivora*, *Ph. citrophthora*, *Ph. colocasiae* en *Ph. boehmeriae* behooren. De peper-*Phytophthora* onderscheidt zich van *Ph. citrophthora* door de rijkelijke vorming van chlamydosporen en door de vorming van oösporen, van *Ph. colocasiae* door de geringe virulentie op *Colocasia antiquorum*, door de spaarzame productie van oösporen, die slechts onder bepaalde voorwaarden optreden en door pathogeniteit voor verwonde appelen. Van *Ph. boehmeriae* door de geringe oösporen-vorming en door een hogere optimum-temperatuur, die voor *Ph. boehmeriae* 25°C bedraagt en voor de peper-*Phytophthora*'s 30-31°C.

De door TUCKER voor *Ph. palmivora* gegeven kenmerken komen vrijwel geheel met die van de door mij onderzochte stammen overeen, alleen is de optimum-temperatuur voor de laatste iets hoger (30-31°C) dan die voor *Ph. palmivora* is opgegeven (27,5°-30°C).

Evenals *Ph. palmivora* vormt de peper-*Phytophthora* zelden oösporen; de meeste cultures op THAXTER-, havermout- en maismeel-agar vormen ze nooit, zelfs niet na maanden. Een enkele maal werd in zeer oude cultures op maismeel-agar een enkel oögonium met amphigyn antheridium aangetroffen. Door een der stammen samen in een buis op havermout-agar te kweken met een anderen stam van *Ph. palmivora* (van *Cocos nucifera*) werden — uitsluitend in het met de peper-*Phytophthora* begroeide deel van de cultuur — een grooter aantal oögoniën (63 stuks) verkregen, die steeds van amphigyne antheridia waren voorzien. De oögoniën maten $26.6 \pm 0,31 \mu$; minimum 22.0 μ , maximum 34.1 μ . Over het heterothallisme van *Ph. palmivora*, dat ook door TUCKER werd waargenomen, is reeds veel gepubliceerd, een uitvoerig overzicht van dit onderwerp is bij genoemden auteur te vinden.

De in Nederlandsch-Indië op *Piper nigrum* voorkomende *Phytophthora* moet m.i. tot de *palmivora*-groep worden gerekend, die vormen met vrij sterk uiteenlopende eigenschappen omvat. Op grond van de bij de inoculatieproeven geconstateerde specificiteit ten opzichte van *Piper* en wegens de hoge optimum-temperatuur, verdient het m.i. aanbeveling om de onderzochte vormen als een afzonderlijke variëteit van genoemde groep te beschouwen en die:

Phytophthora palmivora var. *piperis*

te noemen.

Het lijkt mij gewenscht om hier nog een vergelijking met de uit Britsch-Indië en in Malakka beschreven voetrot-organismen te laten volgen.

Zooals hierboven reeds is medegedeeld, komt McRAE (1933, 1934, 1935) tot de conclusie, dat de door hem onderzochte stammen tot *Phytophthora parasitica* DASTUR moeten worden gerekend. TUCKER (1931), die een van sirih geïsoleerde cultuur van McRAE ontving, classificeert dit organisme echter als een typische *Ph. palmivora* BUTLER (l.c., Tabel 1 No. 235, p. 16).

De door mij gekweekte stammen van de peper-*Phytophthora* kwamen, wat habitus op THAXTER-agar betreft, geheel overeen met *Ph. palmivora*-stammen van *Cocos nucifera*, *Hevea brasiliensis*, *Cattleya* sp., *Theobroma cacao* (vruchtrot en stamkanker) en *Carica papaja* en de tot dezelfde groep behorende *Ph. citrophthora* van *Citrus Sinensis*, doch geleken in cultuur in geen enkel opzicht op tot de *parasitica*-groep behorende *Phytophthora*'s van *Nicotiana tabacum* (*Ph. parasitica* var. *nicotianae* (BR. D. H.) TUCKER), *Ph. parasitica* van *Citrus* sp., *Hibiscus sabdariffa* (2 stammen), *Lochnera rosea*, *Gramatophyllum* spec., *Solanum melongena*, *Ricinus communis*, *Manihot utilissima*, *Vigna* sp., *Pollia* sp., waarmede zij werden vergeleken.

De door McRAE vermelde maten van op havermout-agar gevormde oögoniën zijn aanmerkelijk grooter dan de door mij voor het peper-organisme op hetzelfde substraat gevonden maten, nl. 38 μ (20-52 μ) tegen 26.6 μ (22.0-34.1 μ). Bovendien lag voor de door McRAE onderzochte vormen de optimum-temperatuur bij 28°C en ook hierin wijken zij dus van de door mij onderzochte af.

Wij kunnen dus concluderen, dat het organisme, dat in Britsch-Indië voetrot bij sirih veroorzaakt niet geheel identiek is aan het in Nederlandsch-Indië voorkomende.

In zijn publicatie van 1926 deelt THOMPSON mede, dat het in Malakka van sirih geïsoleerde organisme in staat was niet-verwonde *Hevea*- en *Areca*-vruchten aan te tasten, doch geen onverwonde vruchten van *Carica papaja* kon infecteeren. Bij infectie van *Hevea*-bast waren de symptomen gelijk aan die van vlekkenkanker, zooals ook in onze proeven het geval was. Zooals bij de bespreking der inoculatieproeven is medegedeeld, was de peper-*Phytophthora* wel in staat gezonde papajavruchten te infecteeren, al was zij voor deze vruchten niet zeer virulent.

In zijn latere publicaties (1928, 1929) vermeldt THOMPSON, dat in

tegenstelling met de in Malakka verkregen resultaten, de cultures van de sirih-*Phytophthora* in Europa rijkelijk oösporen maakten, waarvan de maten op haverhout-agar 19-31.5 (gemiddeld 26.6 μ), op maïsmeel-agar 19.5-26.3 μ (gemiddeld 22.1 μ) en op boonen-agar 19.7-27.4 μ (gemiddeld 23.1 μ) bedroegen. Gezien de variabiliteit van de maten onder invloed van den gebruikten voedingsbodem komt de door THOMPSON op haverhout-agar gevonden grootte vrij goed overeen met de door mij waargenomene (22.0-34.1 μ , gemiddeld 26.6 μ). ASHBY, die de stammen van THOMPSON onderzocht, komt op grond van vergelijking met andere vormen tot de conclusie, dat deze *Phytophthora*'s het dichtst bij *Ph. colocasiae* RAC. staan, welke naam dan ook in de latere publicaties door THOMPSON (1933) en TEMPANY (1932) voor het organisme van sirih in Malakka wordt gebruikt. Zooals echter bij de soortsbepaling van de peper-*Phytophthora* is uiteengezet, verschilt *Ph. colocasiae* slechts van *Ph. palmivora* door rijkere vorming van oögoniën en door het ontbreken van virulentie voor verwonde appels. Wat het eerste punt betreft, is het niet duidelijk tot welke groep het sirih-organisme moet worden gerekend, dat in de Straits Settlements geen en in Londen goed oögoniën produceerde; het infectievermogen voor appels is blijkbaar niet nagegaan. Het is dus niet uitgesloten, dat bij gebruikmaking van de door TUCKER gegeven kenmerken de sirih- en de peper-*Phytophthora* tot dezelfde soort, i.e. *Ph. palmivora* zullen blijken te behooren.

6. WAARNEMINGEN OVER DE EPIDEMIOLOGIE VAN HET VOETROT.

De in het onderstaande behandelde gegevens werden in hoofdzaak verzameld op reizen in de Lampongs in 1930, 1931, 1932 en 1933, (MULLER en WEYERS 1930, MULLER 1931a, 1932, 1933b). Doordat op deze reizen dezelfde plaatsen telkens met ca 1 jaar tusschenruimte werden bezocht, kon ondanks het ontbreken van de mogelijkheid tot voortdurende observatie de uitbreiding van de ziekte in de Rebang-streek van de onderafdeeling Kotaboemi goed worden gevolgd. Bovendien werden vooral in 1932 nauwkeurige waarnemingen gedaan omtrent de verspreiding van de ziekte in peper-complexen in de omgeving van Oelok Rengas en nabij Kasoei, waardoor het mogelijk was bij een volgend bezoek een indruk te verkrijgen van het verloop van de ziekte in bepaalde tuinen. In September 1932 werd 8 dagen in Kasoei verbleven, gedurende welke periode de ziekte in de tuinen in de onmiddellijke nabijheid van dezen kampong sterk om zich heen greep, zoodat toen gegevens over het optreden van pas tot stand gekomen infecties konden worden verzameld,

waardoor de vroeger in Bantam verrichte incidenteele observaties werden bevestigd.

A. Uitbreiding van het voetrot in een streek. In 1929 begon het voetrot op eenige plaatsen van de Rebang-streek bij Kotaboemi (Lampongs) ongeveer gelijktijdig op te treden, het hevigst in de omgeving van Skipi en Oelok Rengas; iets later werden de op vrij grooten afstand van dit centrum gelegen aanplantingen bij Goenoeng Katoen aangetast en van deze haarden uit heeft de ziekte zich met groote snelheid over de geheele streek uitgebreid. Geheel geïsoleerd van de hiervoor genoemde haarden ontstond in 1930/31 aan de Westzijde van de peperstreek een nieuwe haard bij Tandjong Boelan.

Op de in fig. 1 afgedrukte kaart is aangegeven hoe de ziekte zich in de Rebang-streek heeft uitgebreid.

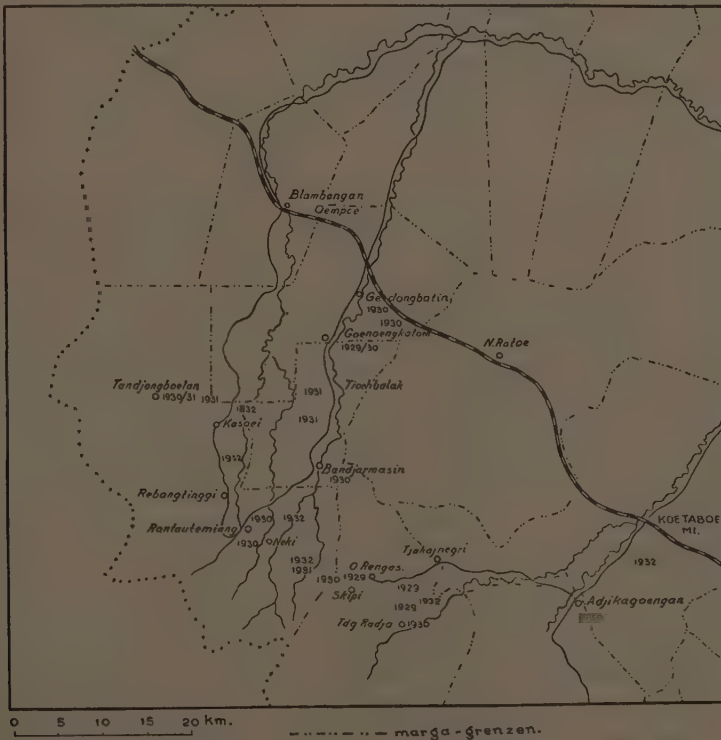


Fig. 1. Overzicht van de Rebang-streek.

Over de herkomst van de ziekte in de haarden Skipi/Oelok Rengas en Goenoeng Katoen beschikken wij over geen gegevens, daar bij het eerste bezoek in 1930 reeds tienduizenden ranken waren afgestorven. De haard Tandjong Boelan werd eenige maanden na het optreden van de eerste ziektegevallen bezocht en daarbij bleek, dat de ziekte in de het verst van Kasoei gelegen tuinen was begonnen langs het pad, dat van Moeara Doea (Palembang) naar Kasoei loopt. Nu kwam in 1929 en 1930 het voetrot in hevige mate in de omgeving van Moeara Doea voor en het ligt voor de hand aan te nemen, dat de ziekte langs het druk begane pad in de marga Rebang Kasoei is binnengesleept. Dit is te meer waarschijnlijk, omdat herhaaldelijk zoowel in de Lampongs als in Bantam is waargenomen, dat de meeste tuinen langs de door de aanplantingen loopende wegen en bij de plaats waar een pad in een tuin komt, het eerst worden aangetast.

Waar in genoemde streken veel transport plaats vindt met behulp van een karbouwenlede (pleret), waarvan de op den grond rustende, schuinstaande glijboomen gewoonlijk met een dikke laag modder bedekt zijn, is het wel waarschijnlijk, dat de ziekte in den letterlijken zin van het woord uit het Moeara Doeasche in de Rebangstreek is „binnengesleept”.

De aantasting van de tuinen langs den weg Oelok Rengas-Neki vormt m.i. een illustratief voorbeeld voor de verbreiding van de ziekte in een streek. De omgeving van Oelok Rengas/Skipi was in 1929 ziek, in 1930 volgde een eenige kilometers verderop gelegen complex bij Oemboelan Djambatan Tanah, in 1931 werden volgens opgave van de bevolking de even voorbij Djambatan Tanah gelegen tuinen aangetast, terwijl bij mijn bezoek in 1932 in de nog weder eenige kilometers verder in de richting van Neki gelegen tuinen bij Talang Boekit en Tjampang Delapan in overigens prachtige 1-7 jarige tuinen juist voetrot was gaan optreden. Uitsluitend langs den weg gelegen tuinen waren aangetast, terwijl de ziekte duidelijk van den weg af in de tuinen drong; hier en daar was slechts een enkele rij boomen langs den onverhardten weg aangetast.

Toen de ziekte in de Rebangstreek uitbrak, waren daar de tuinen zonder uitzondering beplant met de beide pepervariëteiten „lada Korintji” = l. boelok = l. boelok/ poetih = l. boelok lama ¹⁾ en „lada Djambi” = l. boelok itam,

¹⁾ In de Rebangstreek gebruikt men meestal het Oeloeneesche woord „sahang” inplaats van het Lampongsche woord „lada” voor peper.

en het voetrot richtte daarin enorme verwoestingen aan. Zoowel 12-15 jaar oude als zeer jonge, nog niet geproduceerd hebbende tuinen werden aangetast. Bij het eerste optreden van het voetrot kende de bevolking van deze streken de ziekte niet uit eigen ervaring; het bestaan van oude tuinen van de vatbare variëteiten bewijst trouwens ook, dat de ziekte voor deze streek nieuw was, terwijl de aantasting van jonge en zelfs van nog niet vruchtdragende tuinen bewijst, dat de ziekte geen gevolg van uitputting van den grond of van overdracht is.

In de jaren 1929 tot 1934 heeft de ziekte met groote snelheid om zich heen gegrepen, in de het zwaarst getroffen streken haast geen gezonde ranken meer overlatende. Over de snelheid, waarmede de ziekte zich uitbreidt in een aangetast complex, zullen hieronder bij de behandeling van het verloop van de ziekte in de tuinen nog eenige gegevens worden vermeld.

In 1931 kwam in de omgeving van Oelok Rengas, Tandjong Radja en Adji Kagoengan de uitbreiding van het voetrot tijdelijk vrijwel tot staan, terwijl in dat jaar in Kasoei en Tioeh Balak (zie fig. 1) sterke uitbreiding plaats vond. In 1932 zette in de streek van Oelok Rengas-Tandjong Radja de ziekte weder met groote hevigheid in. Het is te betreuren, dat geen nauwkeurige meteorologische gegevens uit genoemde streken ten dienste staan, daar hieruit wellicht een verklaring voor den geschetsten gang van zaken zou kunnen worden afgeleid.

B. Het verloop van de ziekte in de tuinen en de factoren, die daarbij een rol spelen. Zooals hierboven reeds is medegedeeld, treden de eerste ziektegevallen gewoonlijk langs door de tuinen loopende paden en bij den ingang van de tuinen op. Een dergelijke beginnende infectie—vooral wanneer deze in het einde van den West-moesson plaats vindt—kan geruimen tijd tot eenige ranken beperkt blijven, om zich dan bijv. in den loop van den volgende West-moesson met zeer groote snelheid uit te breiden. In andere tijden van het jaar daarentegen heeft dadelijk na het optreden van de eerste ziektegevallen een zeer snelle uitbreiding plaats en sterven complexen van 1 000 ranken binnen 14 dagen geheel af. Zoo werden in een tuin van 6 000 ranken van 4½ jaar bij km 25 van den weg van Blambangan Oempoe naar Kasoei (zie fig. 1) in Februari/Maart 1932 de eerste zieke ranken gevonden; in September d.a.v. waren niet alleen alle ranken, doch ook eenige duizenden inboetelingen, die na het afsterven van de oudere planten als bewortelde stekken waren geplant, vrijwel geheel afgestorven. In dezelfde streek trad in de nederzetting Talang Damar Katja—waar al 15 jaar pepercultuur

werd gedreven — in Februari 1932 voetrot op langs den weg, die de Talang met de peperstreek van Kasoei verbindt. Zes maanden later waren reeds meer dan 10 000 ranken van verschillende leeftijd afgestorven. Gewoonlijk heeft de snelste uitbreiding helling-afwaarts plaats. Dit kan worden geïllustreerd met de beide volgende situatie-teekeningen (fig. 2 en 3), die betrekking hebben op eenige tuinen te Talang Datar Roenggau bij Kasoei.

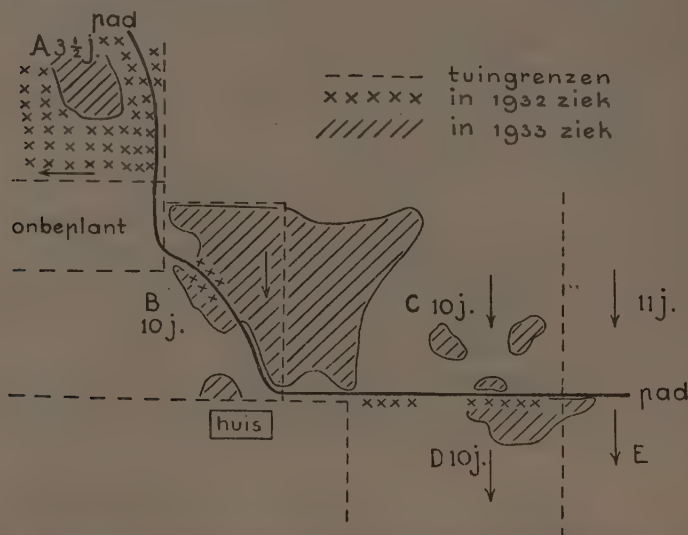


Fig. 2. Uitbreiding van het voetrot in een complex tuinen bij Talang Datar Roenggau. De pijlen wijzen helling-afwaarts; in de tuinen is de ouderdom van de peper in 1933 genoteerd.

Begin 1932 is tuin A van het in fig. 2 weergegeven complex op het laagste punt ziek geworden, in Juni 1932 waren enkele ranken in tuin B bij het punt, waar het pad uit den zieken tuin in tuin B komt, aangetast, terwijl in Augustus 1932 eenige ranken juist beneden het langs tuin D loopende pad ziek werden. In 1933 had in tuin B de ziekte zich ten Noorden van het pad sterk uitgebreid, ten Zuiden minder; nadat niet meer werd gewied, nam deze plek vrijwel niet meer in omvang toe. Uit tuin B was de ziekte overgegaan in den goed onderhouden tuin C en had daar groote verwoestingen aangericht. Slechts één van de plekken in den slecht gewieden tuin D had zich helling-afwaarts uitgebreid, terwijl verderop langs het pad in tuin E eenige ziektegevallen begonnen voor te komen.

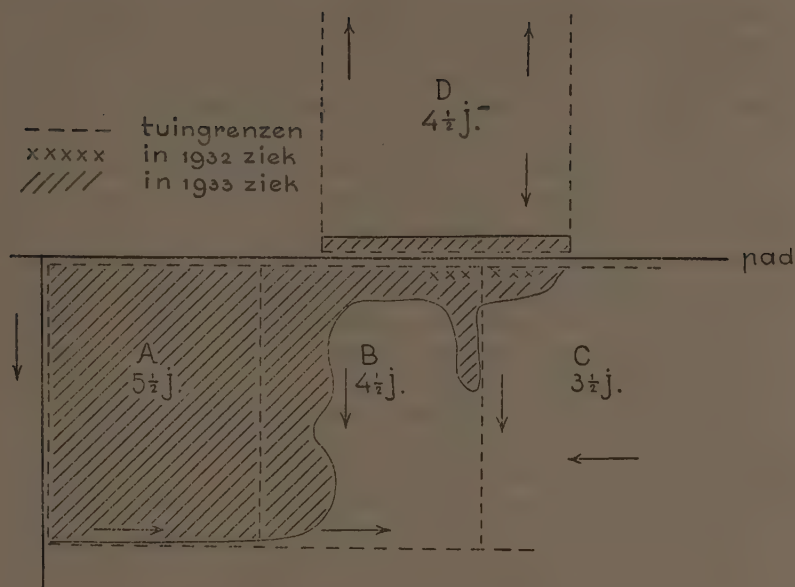


Fig. 3. Uitbreiding van het voetrot in een complex tuinen bij Talang Datar Roenggau. De pijlen wijzen helling-afwaarts; in de tuinen is de ouderdom van de peper in 1933 genoteerd.

Ten Z. O. van de in fig. 2 geschetste groep tuinen ligt het in fig. 3 weergegeven complex zieke tuinen. In Augustus 1932 was in de tuinen B en C slechts een enkele rij boomen — langs en helling-afwaarts van het pad gelegen — aangetast. In September 1933 bleek tuin A geheel te zijn afgestorven, waarbij volgens opgave van den eigenaar de ziekte langs de paden was begonnen en zich helling-afwaarts had uitgebreid. Uit tuin A was de ziekte doorgedrongen in tuin B, terwijl ook de daarin reeds aanwezige plek zich, de hellingen volgend, had uitgebreid (de grens tusschen de tuinen B en C ligt in een kleine inzinking van het terrein). In tuin C was de uitbreiding veel geringer geweest, doch deze tuin was — in tegenstelling met A en B — sedert geruimen tijd niet meer gewied. In tuin D waren 1-2 rijen ranken langs het pad aangetast, doch de ziekte had zich in dezen niet gewieden tuin niet verder tegen de helling op uitgebreid.

Niet altijd is er een zoo duidelijke invloed van de helling van het terrein op de richting van uitbreiding te constateeren als in de beide hierboven behandelde voorbeelden. Naast gevallen, waarin de sterkste

uitbreiding helling-afwaarts plaats vindt, komen er gevallen voor, waarin de ziekte op het laagste punt van een tuin begint en tegen de helling op naar boven gaat, waarbij men echter den indruk krijgt, dat deze uitbreiding langzamer gaat als helling-afwaarts (vergelijk tuin B en tuin D in fig. 3). Op geheel vlak terrein is de uitbreiding van de ziekte meest onregelmatig: verspreid in den aanplant treden groepen zieke ranken op, die door lichter aangetaste exemplaren zijn omringd. In Bantam werd een tuin gevonden, waarin zich eenige kleine heuveltjes bevonden; de lagere deelen van den tuin waren ziek, terwijl de op de heuvels staande ranken nog meerendeels gezond waren.

Bij de bespreking van de uitbreiding van de ziekte in de hierboven behandelde complexen pepertuinen is reeds met een enkel woord de aandacht gevestigd op den onderhoudstoestand van deze tuinen en is medegedeeld, dat in eenige niet gewiede tuinen (tuin B en D in fig. 2 en in tuin C in fig. 3) de zieke plekken zich niet of weinig hadden uitgebreid, zulks in tegenstelling met het snelle verloop in de goed onderhouden tuinen. Deze gevallen staan niet op zich zelf; het is der bevolking in de Lampongs overal bekend, dat in schoone tuinen de ziekte zich sneller uitbreidt dan in slecht onderhouden tuinen en dat na het wieden van tuinen, waarin reeds enkele ziektegevallen voorkomen, de geheele tuin in enkele weken kan afsterven. Bij het onderzoek ter plaatse werden verschillende van dergelijke gevallen geconstateerd (MULLER en WEYERS 1930, MULLER 1932, 1933b).

Het verschijnsel, dat in gewiede tuinen de ziekte zich sneller uitbreidt dan in minder goed onderhouden complexen, kan op verschillende wijzen worden verklaard.

In de eerste plaats is het mogelijk, dat bij het wieden besmette aarde aan het wiedzmes en aan de voeten der koelies naar nog niet besmette deelen van een tuin wordt overgebracht.

Verder geven de waarnemingen over het verloop van de ziekte in den aanplant een sterke aanwijzing, dat de schimmel zich met over den bodem stroomend regenwater verspreidt. Deze verspreidingswijze kan eveneens een verklaring voor den invloed van het wieden zijn: in de gewiede tuinen wordt de waterbeweging over den grond door onkruid minder geremd dan in vuile tuinen, waardoor in eerstgenoemde deelen van zieke planten en bij het wieden losgewerkte besmette aarde door afstroomend water verder kunnen worden getransporteerd en ook eventueel met sporangiën en zwermsporen besmet water zich verder van de ziektehaarden kan verwijderen dan in dicht in het onkruid staande tuinen mogelijk is.

Een andere verklaringsmogelijkheid is, dat in geregeld gewiede tuinen — vooral als deze bewerking wat ruw geschiedt, zooals vaak het geval is — de ranken aan den wortelhals worden verwond. Zooals door de inoculatieproeven is gebleken, worden verwonde ranken eerder aangetast dan onbeschadigde, zoodat ook op deze wijze gunstige voorwaarden voor uitbreiding van de ziekte worden geschapen.

Vermoedelijk zullen echter in goed onderhouden tuinen beide genoemde factoren: grootere verspreiding van besmet materiaal en beschadiging der ranken, een rol spelen.

Wanneer wij de manieren, waarop de verspreiding van de schimmel kan plaats hebben, nader in beschouwing nemen, komen wij in analogie met hetgeen over de verspreiding van eenige andere *Phytophthora*-ziekten bekend is (THUNG 1932, TOXOPEUS 1932, 1934) tot de volgende mogelijkheden van verspreiding:

1. door besmetten grond, hetzij aan transportmiddelen en aan voeten en werktuigen van koelies, hetzij door over den bodem stroomend water;
2. door deelen van zieke planten;
3. door met sporangïën en zwerm-sporen besmet water.

1. *Overbrenging door grond.* Door proeven te Buitenzorg kon allereerst worden vastgesteld, dat de *Phytophthora* in grond — al dan niet vermengd met deelen van peperplanten — geruimen tijd kan leven. Bij deze proeven werd grond gemengd met in stukken gesneden zieke ranken, of wel werden er in de bovenste laag eenige zieke bladeren ondergewerkt, die in een deel der potten na een week werden verwijderd, terwijl in andere de zieke plantendeelen werden gelaten. De aldus besmette potten werden buiten in een pepertuin geplaatst. In beide series proeven kon zelfs na twee maanden door de „vang-methode” met peperbladeren de aanwezigheid van de schimmel nog worden vastgesteld (foto 6). Er werd echter niet bepaald, of de schimmel een onbeperkten tijd saprophytisch in den grond kan blijven leven.

Ook kon eenige malen in van elders naar Buitenzorg opgezonden monsters grond uit zieke tuinen, o.a. van Poeloe Laoet (Zuider- en Ooster-Afdeeling van Borneo) en van Bangka de aanwezigheid van de peper-*Phytophthora* in grond worden vastgesteld.

Bij het in 1932 te Kasoei (Lampongs) verrichte onderzoek werd in de eerste plaats vastgesteld, dat de schimmel onder natuurlijke omstandigheden in den grond van zieke tuinen kan voorkomen; vervolgens werd nagegaan hoe diep de schimmel in den grond dringt. In een

pepertuin werden in de nabijheid van zieke ranken op verschillende diepten grondmonsters genomen, waarbij er voor werd gezorgd, dat geen besmetting met op den bovengrond liggende deelen van zieke ranken kon plaats hebben. Alleen uit de bovenste laag van 5 cm dikte kon eenige malen de *Phytophthora* worden geïsoleerd. Het aantal proeven is echter te gering om conclusies te trekken over de diepte, waarop de schimmel in den bodem voorkomt.

Dat *besmette grond infectieus* kan zijn, werd aangetoond door kunstmatig besmette aarde in een blikje tegen eenige peperranken te bevestigen; bij 3 van de 4 aldus behandelde ranken stierf na verloop van tijd het boven het blikje gelegen deel van de rank af. Uit deze ranken kon de *Phytophthora* weder worden geïsoleerd.

Na deze gegevens behoeft het geen uitvoerig betoog om aan te toonen dat de kans zeer groot is, dat bij het transport met de karbouwen slede en/of door aan de voeten en gereedschappen van koelies hechtende aarde de ziekte van den eenen tuin naar den anderen kan worden overgebracht. Verder geeft de mogelijkheid van verspreiding van de ziekte met aarde een bevredigende verklaring voor het feit, dat in talrijke gevallen de eerste ziektegevallen langs de wegen en paden optreden. Ook bij andere door *Phytophthora* spec. veroorzaakte ziekten o.a. de door *Ph. parasitica* var. *nicotianae* veroorzaakte lanas-ziekte van tabak, is overbrenging door aarde bekend (THUNG 1932).

In de hierboven behandelde proeven werd de aarde besmet door deelen van zieke peperplanten, doch dit is geenszins noodzakelijk. Door potten met aarde te gieten met een kleine hoeveelheid water, waarin sporangïën en zwerm-sporen aanwezig waren, kon de grond eveneens worden besmet.

Het feit dat de peper-*Phytophthora*, zelfs bij afwezigheid van peperplanten, saprophytisch in den grond kan leven, verklaart, hoe de in de laagste gedeelten van een tuin optredende ziektehaarden zich ook helling-opwaarts kunnen uitbreiden. Daarbij moet niet uit het oog worden verloren, dat in de tuinen steeds peper-bladeren en -takjes op den grond liggen en dat daarin — zooals de vangmethode uitwijst — de zwam goede gelegenheid tot vermeerdering vindt.

2. *Overbrenging door deelen van zieke planten.* Bij de bespreking van de inoculatieproeven op peperbladeren is reeds medegedeeld, dat de zieke bladeren spoedig afvallen en dat daarop groote hoeveelheden sporangïën worden gevormd. Bij voldoende vocht kiemen deze sporangïën en kunnen zoo den grond om de ranken besmetten. Verder

kunnen deze bladeren door water en door wind worden verspreid en, aangezien de sporangiën-vorming ook na het afvallen van de bladeren blijft doorgaan, zullen zij op de plaatsen, waar zij terecht komen, krachtige infectie-bronnen vormen.

De op de bladeren voorkomende sporangiën zijn op den grond ook minder aan uitdroging blootgesteld en blijven daardoor langer in leven dan de sporangiën, die op nog aan de ranken vastzittende bladeren worden gevormd.

Bij de eerste ziektegevallen in een tuin zijn de bladvlekken slechts op enkele plaatsen en in gering aantal te vinden. Door de afgevallen bladeren zal de schimmel zich gemakkelijk kunnen vermeerderen, want indien er zich geen bijzondere omstandigheden voordoen, die voor de vorming van zwermsporen gunstig zijn, kiemen de sporangiën met een kiembuis en zullen zodoende den grond aan den voet van de het eerst aangetaste ranken en op de plaatsen waar zij door wind of water zijn terecht gekomen, plaatselijk sterk besmetten. Deze plekken zullen dan weer door de saprophytische ontwikkeling van de schimmel in den grond of doordat de grond naar elders wordt versleept, het uitgangspunt van nieuwe aantastingen kunnen zijn.

Een andere mogelijkheid van verspreiding van de ziekte door middel van deelen van de peperplant vormt het gebruik van over den grond kruipende waterloten (*landak tanah* = *djeloer* of *soeloer tanah*) en van bewortelde afleggers (*djambangan*) voor plantmateriaal. Vooral in streken, waar de eerste ziektegevallen juist beginnen op te treden is er kans, dat plantmateriaal wordt genomen uit een tuin, waarin hetzij de bodem hetzij een enkele rank besmet is en zodoende zal men met het plantmateriaal zelf of met den daaraan hechtenden grond de ziekte naar een nog niet besmetten tuin kunnen overbrengen.

Bij gebruik van hangende waterloten, z.g. *landak* (*djeloer*, *soeloer*) gantoeng als plantmateriaal is er uiteraard minder gevaar voor versleeping van de ziekte, te meer omdat deze loten gewoonlijk op vrij groote hoogte boven den grond ontstaan.

3. *Overbrenging door water.* Wij hebben hierboven reeds uiteengezet, dat het waarschijnlijk is, dat in de goed gewiede tuinen het over den grond stroomende water een middel tot verspreiding van de ziekte is. Dit kan indirect het geval zijn door het medevoeren van besmetten grond, van zieke bladeren en takjes en door het transport van sporangiën en zwermsporen, die elders planten of grond kunnen besmetten. Daar-

naast bestaat de mogelijkheid tot een meer directe werking van het water en wel *a)* doordat het water eenige milieu vormt, waarin zwerm-sporen zich actief kunnen verplaatsen, *b)* doordat met opspattend water infectieus materiaal op de bladeren van gezonde ranken kan worden gebracht.

De inoculatieproeven hebben geleerd, dat alleen de onderzijde van de bladeren voor infectie door zwerm-sporen toegankelijk is. Bij zware slagregens spat er water tot ca 50 cm hoogte tegen de planten op, en — zooals uit achtergebleven gronddeeltjes blijkt — komt bij normalen bladstand dit spatwater in hoofdzaak op de onderzijde der bladeren terecht, althans het blijft daar hangen, terwijl de bovenzijde der bladeren schoonregent.

Het feit, dat in de tuinen de bladvlekken *uitsluitend* voorkomen op de laag geplaatste en meestal met grond bespatte bladeren, rechtvaardigt de aanname, dat in dergelijke gevallen de besmetting door opspattend water heeft plaats gehad.

In de natuur komen de vlekken meestal voor aait of bij den punt van het blad of aan den bladrand. Hierdoor zijn de plekken meestal niet rond, maar vormen zij een cirkelsector. Zooals men na een regenbui kan waarnemen, blijven juist op genoemde plaatsen het langst druppels water hangen, waarin bij het afloopen van het regenwater de eventueel op het blad gespatte sporen zich zullen verzamelen en waar deze het langst de voor het binnendringen benodigde vochtigheid zullen vinden.

Bij de bespreking van de verspreiding van het voetrot door middel van water dient de vorming van zwerm-sporen wat nader te worden beschouwd, daar deze sporen zich slechts in water kunnen vormen en handhaven.

Onder bepaalde omstandigheden levert één sporangium ca 20 zwerm-sporen, die zich met behulp van een trilhaar actief kunnen voortbewegen en die ieder voor zich een infectie teweeg kunnen brengen. Door de vorming van zwerm-sporen wordt dus de infectie-mogelijkheid van een sporangium vertwintigvoudigd, terwijl deze sporen door hun geringe grootte en beweeglijkheid verder dan de sporangiën versleept zullen kunnen worden.

Uit laboratorium-proeven is gebleken, dat sporangiën in geheel met vocht verzadigde lucht slechts door middel van kiembuizen kiemen. Worden de sporangiën in water gebracht, dan kiemt bij constante temperatuur het meerendeel, terwijl zich slechts enkele zwerm-sporen vormen.

Naar aanleiding van de proeven van TOXOPEUS (1934) over den invloed van plotselinge temperatuurs-verlagingen op de vorming van

zwermsporen door de *Citrus-Phytophthora* werd in een oriënterende proef nagegaan of deze factor ook op het ontstaan van zwermsporen bij de peper-*Phytophthora* van invloed was.

De sporangïën werden daartoe in een druppel water gebracht op een dekglas, dat met vaseline op een glasring, die op een objectglas was bevestigd, werd vastgeplakt. Deze „vochtige kamers” werden in hun geheel in water van bepaalde temperatuur in een thermosflesch gedompeld, en daar een bepaald aantal minuten gelaten. Vervolgens werden de glaasjes weder bij kamertemperatuur gebracht en het aanhechtende water met vloeipapier afgedroogd. Drie kwartier later werd nagegaan hoeveel sporangïën zwermsporen hadden gevormd en hoeveel er met een kiembuis waren gekiemd. De resultaten van deze proef zijn in tabel 13 samengevat.

Tabel 13.

Invloed van plotselinge temperatuursverlaging op het vrijkomen der zwermsporen.

(*Influence of a sudden fall in temperature on the formation of swarmspores*).

No.	Uitgangstemperatuur (<i>temperature at the beginning of the experiment</i>)	Verlaagde temperatuur (<i>kept ... minutes at the indicated temperature</i>)	zw. sporen (<i>swarm-spores</i>)	Kiembuis (<i>sporangia germinated with germ tube</i>)
1	25.5° C		* tot **	** tot ***
2	25.5° C	3 min. 21.2° C	***	**
3	25.5° C	5 „ 21.2° C	***	** tot ***
4	25.5° C	10 „ 21.2° C	***	** tot ***
5	25.5° C	20 „ 21.2° C	** tot ***	**
6	25.5° C	20 „ 21.2° C	**	**
7	25.5° C	2 „ 17° C, 16 min. 21.2° C	**	*
8	25.5° C	5 „ 17° C, 5 „ 21° C	**	***
9	25.5° C	10 „ 17° C, 8 „ 21.2° C	*	*
10	25.5° C	2 „ 17° C	— ¹⁾	*
11	25.5° C	5 „ 17° C	**	***
12	25.5° C	10 „ 17° C	***	***
13	25.5° C	5 „ 21° C, 2 min. 17° C	****	**
14	25.5° C	5 „ 21° C, 5 „ 17° C	****	**
15	25.5° C	5 „ 21° C, 10 „ 17° C	****	**
— geen * weinig ** matig *** veel **** zeer veel. (<i>nil</i>) (<i>little</i>) (<i>fair</i>) (<i>many</i>) (<i>abundant</i>)				

¹⁾ 1 uur later * (*1 hour later **)

Uit tabel 13 blijkt, dat een plotselinge afkoeling gedurende 3-20 min. van 4.3°C (Nos. 2-5) en een 10 min. durende afkoeling van 8.5°C (No. 12) de vorming van zwermsporen bevorderen. In nog sterker mate was dit het geval bij een 5 min. durende voorkoeling van 4.5°C, gevolgd door een 2-10 min. durende afkoeling van 8.5°C (Nos. 13-15).

In de proeven met directe afkoeling tot 17°C werd het uitkomen der zwermsporen wat geremd; soms werden zij wel gevormd, doch kwamen ze niet vrij.

De zware tropische regenbuien leveren nu zoowel het water, dat voor het ontstaan en de voortbeweging der zwermsporen noodig is, als de verlaging van de temperatuur, die hun ontstaan stimuleert. De door de regenbuien veroorzaakte afkoeling is zeer belangrijk: TOXOPEUS (1934) vond te Poenten, dat de verlaging van de temperatuur in de bovenste grondlagen tot 15°C kan bedragen. In Buitenzorg nam ik in een peperaanplant met schaduwboomen een verlaging van de temperatuur van de bovenste centimeters van den grond van 27°C op 21-22°C waar, terwijl ik in September 1932 te Kasoei in een pepertuin, tijdens een plotseling losbrekende bui van 55 mm, eveneens een daling in temperatuur van 6°C kon meten. COSTER (1925) vermeldt in zijn studie over den bloei van *Dendrobium crumenatum*, dat onder bepaalde omstandigheden zelfs kleine buien een sterke afkoeling kunnen veroorzaken. Zoo gaf een bui van 9.5 mm te Buitenzorg een afkoeling van 5.4° C, terwijl eveneens midden op den dag vallende buien van 24.5, 18.9 en 28.4 mm temperatuursdalingen van respectievelijk 4.7°, 4.3° en 5.6°C ten gevolge hadden. COSTER wijst er op, dat de regen een des te grooter invloed op de temperatuur heeft, naarmate de atmosfeer voor de bui droger is en de verdamping en de daardoor veroorzaakte afkoeling grooter zijn. Het is duidelijk, dat tijdens een zware regenbui de schimmel dus optimale omstandigheden voor de verspreiding door water vindt.

Behalve de hierboven behandelde mogelijkheden van verspreiding van de ziekte door water bestaat nog de mogelijkheid, dat de ziekte door water wordt overgebracht op plantmateriaal, dat tijdelijk in beekjes en riviertjes wordt bewaard. Wanneer men nl. een tuin aanlegt, wordt vaak een deel der stekken op een rekje in een beek gehangen, zóó dat de ondereinden der stekken in het water, doch niet in de modder komen (MULLER & WEYERS 1930). Indien een dergelijke beek door besmette tuinen stroomt, is er — vooral na een regenbui — groote kans, dat het water met sporen en zwermsporen besmet wordt en de stekken kunnen worden geïnfecteerd.

C. Klimatologische factoren. Op een enkele regenmeter na ontbreken meteorologische stations in de Rebangstreek en hierdoor zijn over den invloed van klimatologische factoren weinig exacte gegevens bekend.

Al is in de Rebangstreek de droge tijd nooit geheel droog, toch zal deze betrekkelijke droogte op de uitbreiding van de schimmel van invloed zijn.

Om een indruk te geven van de regenverdeeling in de Rebangstreek, laat ik hier de gegevens volgen van het regen-station Kasoei, dat aan de West-zijde van het behandelde gebied ligt. Volgens de „Regenwaarnemingen in Nederlandsch-Indië; Buitengewesten 1935” is het veeljarig gemiddelde van den regenval te Kasoei:

	Jan.	Febr.	Mrt.	Apr.	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar
regen in mm	342	271	291	242	167	101	99	58	94	129	173	273	2240

Volgens op verschillende plaatsen ingewonnen inlichtingen treedt de ziekte het heftigst op in de tweede helft van den Westmoesson; vooral de maanden Februari en Maart hebben wat dit betreft bij de bevolking een slechten naam.

Doordat de peper-*Phytophthora* in verschillende opzichten groote overeenkomst vertoont met de door TOXOPEUS (1932) onderzochte Citrus-*Phytophthora* — in een vergelijkende serie kweekproeven op agar bij verschillende temperaturen gedroegen ze zich vrijwel gelijk, terwijl zij door hun leven in den grond en de aantasting der planten vlak boven den grond groote overeenkomst vertoonen, — is het wel gemotiveerd aan te nemen, dat het door mij onderzochte organisme op overeenkomstige wijze door droogte en temperatuur wordt beïnvloed als de Citrus-*Phytophthora*. In den drogen tijd zou dan de zwam alleen op de plaatsen, waar de temperatuur- en vochtigheidsvoorwaarden daarvoor gunstig zijn, in leven blijven en zich in den Westmoesson pas eenigen tijd na het invallen van de regens weer voldoende hebben vermeerderd om zich sterk te kunnen verspreiden. Het feit, dat de meeste infecties in de tweede helft van den Westmoesson optreden, pleit voor deze opvatting.

Voor de op de bladeren gevormde sporangiën is droogte funest: in de meeste gevallen verdrogen overdag de 's nachts gevormde sporangiën. Bij directe zonbestraling van bladeren met bladvlekken kan de schimmel zelfs in het weefsel worden gedood; dergelijke bladeren vallen dan ook niet af zooals bladeren, waarin de zwam in leven blijft en de infectie zich uitbreidt. Een korte droogte-periode zal dus in staat zijn de op de planten aanwezige sporangiën te doden; na het invallen

der regens zal de schimmel dan eenigen tijd nodig hebben om zich te herstellen.

In de voorgaande paragraaf is reeds uiteengezet, dat het waarschijnlijk is, dat de door plotselinge, zware regenbuien veroorzaakte dalingen in temperatuur een prikkel voor het op groote schaal vrijkomen van zwermsporen vormen. De juistheid van deze opvatting bleek door een in September 1932 te Kasoei verrichte waarneming, toen na een droge periode van 6 dagen met warm, broeierig weer plotseling een bui van 55 mm viel, die binnen een kwartier tijds een temperatuursdaling van 6°C veroorzaakte. Twee dagen na deze bui, die weer door een korte droge periode werd gevolgd, traden overal in de omgeving van Kasoei rijkelijk bladvlekken aan gezonde ranken op, terwijl zij tevoren afwezig waren. Ook enkele peperplanters wisten, dat deze vlekken aan een explosie van de ziekte vooraf gingen.

7. BESTRIJDING.

Ter bestrijding van een ziekte als het voetrot, kunnen twee wegen worden ingeslagen en wel door toepassing van:

- a. een *directe* bestrijding van de schimmel;
- b. *indirecte* bestrijdingsmaatregelen, die ten doel hebben te voorkomen, dat de overigens ongemoeid gelaten schimmel schade aanricht.

In Britsch-Indië heeft men bij de bestrijding van het voetrot bij sirih vooral met de onder a) genoemde werkwijze succes gehad, hetgeen mogelijk is door de bijzondere wijze, waarop de cultuur daar wordt gedreven, terwijl in Nederlandsch-Indië door de meer extensieve cultuurwijze de indirecte methode meer mogelijkheden voor een toepassing op grootere schaal biedt.

a. Directe bestrijding. Het feit, dat in Britsch-Indië de sirih dicht geplant in rijen in primitieve halfschaduwloodsen wordt geteeld en de cultuur daar den vorm van intensief gedreven tuinbouw heeft, waar iedere kweker slechts een kleine oppervlakte heeft te verzorgen, heeft het mogelijk gemaakt, dat men daar het voetrot door geregelde begieting der planten en van den grond met Bordeauxsche pap heeft kunnen bestrijden.

DASTUR (1931) vermeldt, dat bij vergelijkende proeven met Uspulun, Solomia, Quasal, calcium cyanamide en Bordeauxsche pap, laatstgenoemde

het eenige middel was, dat afdoende werkte. Bordeauxsche pap 1:1:100 ¹⁾ gaf afdoende bestrijding doch veroorzaakte bladverbranding. Bordeauxsche pap 1:1:250 was bij maandelijksche toepassing even effectief, doch beschadigde de planten niet; men gebruikte per keer 106.25 liter pap per rij van 50 m lengte.

In een andere proef werd de grond der te beplanten rijen voor het planten met Bordeauxsche pap 1:1:250 behandeld, en na het planten de helft der rijen eens in de twee maanden met Bordeauxsche pap 1:1:500 en de rest eens in de 3 maanden met Bordeauxsche pap 1:1:250. In geen der behandelde rijen, kwam — in tegenstelling met de omliggende, onbehandelde rijen — voetrot voor.

In weer een andere proef kon in een reeds besmetten aanplant door begieting met 106.25 liter Bordeauxsche pap 1:1:167 per rij van 50 m lengte, gevolgd door maandelijksche behandeling met Bordeauxsche pap 1:1:250 de uitbreiding van de ziekte tot staan worden gebracht.

Overeenkomstige resultaten als DASTUR in Voor-Indië, verkreeg SU (1933) in Burma; het voetrot van sirih bleek daar te bestrijden door maandelijksche begieting met 1% Bordeauxsche pap, terwijl bij geringe aantasting 0.5% maandelijks of 1% iedere 3 maanden, voldoende was.

HECTOR (1931) deelt mede, dat in Bengalen goede bestrijding van het voetrot kon worden verkregen door de planten 5 maal met een maand tussehenruimte met 1% Bordeauxsche pap, waaraan hars was toegevoegd, te behandelen en er voor zorg te dragen, dat bij den aanleg van tuinen gezonde stekken werden gebruikt, die voor het planten 2 minuten in 1% Bordeauxsche pap werden gedompeld.

In een tweede publicatie deelt dezelfde auteur (1932) mede, dat door toepassing van het fungicide „Kerol” 1:800 goede resultaten werden verkregen.

UPPAL (1931) adviseert het gebruik van 4.5 liter Bordeauxsche pap per 4 m rij vóór het omleggen en 9 liter per 4 m rij ná het omleggen der ranken, maandelijks toe te passen.

In een voorloopige publicatie deelt McRAE (1932) mede, dat voetrot van sirih door gebruik van 1:1:200 Bordeauxsche pap kan worden bestreden. In zijn uitvoerige publicatie over dit onderwerp (1934) deelt

1) In de Engelsche publicaties wordt de sterkte van Bordeauxsche pap meest aangegeven door de voor de bereiding gebruikte hoeveelheden kalk en kopersulfaat in $\frac{1}{2}$ en de hoeveelheid water in gallons, zoo geeft Bordeauxsche 5:5:50 aan dat 5 $\frac{1}{2}$ kopersulfaat, 5 $\frac{1}{2}$ kalk en 50 gallons = 225 liter water is gebruikt. Bij de bespreking der Engelsche literatuur zullen wij de sterkte der pap in kg en liters ~~angefekend vermelden~~: 1:1:100 betekent dan: 1 kg kopersulfaat, 1 kg kalk, 100 liter water.

MCRÆ mede, dat de Bordeauxsche pap-behandeling alleen van waarde is in streken, waar de tuinen gedurende den natten tijd niet telkens onder water komen te staan. Men kan volstaan met gedurende den natten moesson 3 maal met een maand tusschenruimte 1:1:200 Bordeauxsche pap te geven. Proeven met „Kerol” wezen uit, dat 0.07% niet schadelijk voor de planten is en de schimmel in den grond doodt. Het mycelium in deelen van zieke planten wordt echter niet gedood.

Naar aanleiding van de in Britsch-Indië met Bordeauxsche pap verkregen resultaten zijn in samenwerking met de Landbouwconsulenten Ir G. A. DE MOL en Ir J. F. JOHAN, van wie zeer veel medewerking werd ontvangen, in 1932-1934 in de Westerafdeeling van Borneo, in de onderafdeeling Bengkajang een groote serie proeven met dit fungicide genomen.

De proeven bestonden uit groepen van 50 ranken, die met een aangrenzend, even groot deel van denzelfden tuin, dat onbehandeld bleef, periodiek in kaart werden gebracht. In deze proeftuinen werden van de ranken de bladeren tot op 50 cm boven den grond afgeplukt om bladinfectie door opspattend water tegen te gaan; verder werden tusschen de ranken ondiepe gootjes gemaakt om te voorkomen, dat afstroomend regenwater van de eene rank naar de andere kon stroomen. Iedere 14 dagen werden de ranken tot 50 cm hoogte met een pulverisator met 1% Bordeauxsche pap bespoten; eens in de maand werd de grond onder de boomen mede bespoten.

Deze proeven werden aangelegd in tuinen van verschillenden ouderdom en wel in complexen, waarin reeds ziekte aanwezig was en in nog oogenschijnlijk geheel gezonde tuinen.

Bij een bezoek aan de betreffende streek in Juli 1933 (MULLER 1933) bleek, dat de ziekte daar anders verloopt dan in de Lampongs, hetgeen in verband staat met de afwijkende cultuurmethode. De planten staan er op heuveltjes van gebrande aarde, die geregeld na den oogst wordt vernieuwd. Onder de ranken vindt men bij de grens van de „*tana h bakar*” en den ondergrond op 15-20 cm diepte vaak een vrij stijve en met een stok moeilijk te doorsteken laag. Vlak boven die laag ziet men aan het ondergrondsche stamdeel der peperranken dikwijls celwoekeringen uit de lenticellen treden, hetgeen op een constante hooge vochtigheid en voldoende luchttoetreding wijst. Nu werden juist aan dit stamdeel de meeste voetrot-aantastingen gevonden. De ziekte begint hier dus op geringe diepte *onder den grond*, en niet zooals in de Lampongs juist aan de grens van bodem en lucht of daarboven.

Een tweede verschilpunt ten opzichte van de Lampongs is, dat bij de Chineesche cultuurmethode het afstroomende regenwater wegloopt langs de goten tusschen de heuveltjes en er daardoor weinig kans is, dat besmet water van een zieken stam rechtstreeks bij een gezonden buurboom terecht komt. Het gevaar voor overbrenging van de ziekte door opspattend water is hierdoor ook veel geringer dan in de Lampongs.

Bij de gevolgde bestrijdingsmethode worden in hoofdzaak de bovengrondsche deelen der planten door een beschermend laagje fungicide bedekt, doch zooals hierboven is uiteengezet, zijn echter de op deze wijze beschermde deelen van de rank aan geringe infectiekansen blootgesteld. In West-Borneo zijn het juist de ondergrondsche deelen, die beschermd moeten worden, want de schimmel, die met besmet water in de in komvormige uithollingen van den ondergrond opgeworpen heuveltjes van tanah bakar terecht komt, vindt daar — wat vocht en lucht betreft — zeer gunstige ontwikkelingsvoorwaarden. Het feit, dat bij de bespuitingen met een pulverisator ook de bovenste aardlagen met Bordeauxsche pap worden geraakt zal de schimmel weinig hinderen, wanneer men in aanmerking neemt, dat men bij de uit een enkele rij, zwak ontwikkelde planten bestaande sirih-aanplantingen in Britsch-Indië 2-2.5 liter Bordeauxsche pap per strekkende meter moet toepassen om een afdoende bestrijding te verkrijgen.

Na het voorgaande behoeft het geen verwondering te baren, dat de proeven in West-Borneo weinig tastbare resultaten hebben afgeleverd, ondanks alle daaraan door het personeel van den Landbouw Voorlichtings Dienst bestede moeite.

Bij de beoordeeling der resultaten van de behandeling, deed zich de moeilijkheid voor, dat boven het doorgerotte stamdeel soms nog intacte oppervlaktewortels aanwezig zijn en hierdoor verloopt het afstervingsproces langzaam: er werden vaak planten gevonden, die ondergronds al doorgerot waren, doch waarvan de bovengrondsche deelen nog geen duidelijke ziekteverschijnselen vertoonden. Tengevolge hiervan werden bij het begin der proeven in schijnbaar gezonde complexen zieke boomen opgenomen, die kort na het inzetten van de proeven afstierven en zodoende de uitkomsten vertroebelden. In verband hiermede zijn hieronder slechts de uitkomsten van het laatste proefjaar verwerkt.

Twee proeven moesten wegens het optreden van ernstige schade door engerlingen worden afgeschreven; de resultaten van de overige proeven zijn in tabel 14 neergelegd.

Tabel 14.

Toename van het voetrot in de bespuitingsproeven in de Onderafdeeling Bengkajang (Westerafdeeling van Borneo).

(Increase of footrot in the spraying experiments in the Benkajang District, Western Division of Borneo).

Proef No. (Experiment No.)	Bespoten (Sprayed with Bordeaux Mixture)			Onbehandeld (Untreated)		
	Ziek in Aug. '33 (Number of diseased plants in Aug. '33)	Ziek in Aug. '34 (Number of diseased plants in Aug. '34)	Toename (Increase)	Ziek in Aug. '33 (Number of diseased plants in Aug. '33)	Ziek in Aug. '34 (Number of diseased plants in Aug. '34)	Toename (Increase)
I	3	3	0	1	2	1
II	33	36	3	37	39	2
III	12	19	7	8	17	9
IV	16	22	6	18	28	10
VI	1	2	1	0	6	6
VII	0	0	0	0	0	0
VIII	0	0	0	0	0	0
X	3	4	1	2	10	8
Totaal	68	86	18	66	102	36

In proef I, VII en VIII had practisch geen toename van de ziekte plaats, evenmin als in den reeds zwaar aangetasten tuin II. De overige vier proeven geven een duidelijke aanwijzing, dat Bordeauxsche pap het optreden van de ziekte tegenhoudt, vooral wanneer men de toename in vergelijking met het oorspronkelijk aanwezige aantal zieke planten beschouwt. In geen enkele proef heeft de bespuiting verdere uitbreiding geheel kunnen verhinderen; dit komt vooral duidelijk uit in de proeven III en IV, waarin bij het begin reeds vrij veel zieke ranken waren. In proef VI en X heeft de bespuiting een duidelijk preventief effect gehad.

Door omstandigheden was het niet mogelijk om de proeven nog eens in de Lampongs te herhalen, waar deze bestrijdingswijze, gebaseerd op de daar voorkomende verspreidingswijze van de schimmel, meer kans op succes zou hebben.

b. Indirecte bestrijding. Vooral bij een extensief gedreven cultuur — als de peperecultuur in de Lampongs — stuit de doorvoering van directe bestrijdingsmaatregelen, die veel arbeid, gebruik van

chemicaliën en een geregelde toepassing eischen, op groote moeilijkheden.

Van het begin van het onderzoek af in 1930 is daarom aandacht besteed aan verschillen in resistentie tusschen de in de Rebangstreken geplante pepervariëteiten, want indien er behoorlijk resistente variëteiten zouden bestaan, die onder de ter plaatse voorkomende omstandigheden ook goed productief waren, zou hiermede een ideale oplossing van het vraagstuk zijn verkregen.

Door een gelukkig toeval werd reeds op de eerste tournee de aanwijzing verkregen, dat een dergelijke variëteit bestond. Tijdens de reizen in 1930 en 1931, waarbij talrijke peperplanters in de Rebangstreek werden bezocht, werd — de Landbouw Voorlichtings Dienst werkte toen nog niet in de Lampongs — overal propaganda gemaakt om proefaanplantjes met deze vermoedelijk resistente variëteit: „l a d a b e l a n t o e n g”, aan te leggen. Hiertoe bestond te meer aanleiding, omdat vernomen was, dat in 1923 te Sepoe in de marga Tjempaka de algemeen in de Rebangstreken geplante variëteiten l a d a K o r i n t j i en l a d a D j a m b i door voetrot waren afgestorven en men verder uitsluitend de variëteit: „lada belantoeng” had geplant, die gezond was gebleven.

Hier volgt thans een aantal gegevens over de vatbaarheid van de thans in de Lampongs geplante variëteiten en een overzicht over de met de cultuur van lada belantoeng opgedane ervaringen.

Bij het in 1930 verrichte uitvoerige onderzoek over de pepercultuur in de Lampongs en over het voetrot (MULLER & WEYERS, 1930) werd op Oemboelan Dedoep bij Oelok Rengas te midden van sterk aangestaste aanplantingen van lada Korintji en lada Djambi een 1½-jarigen aanplant van lada belantoeng aangetroffen, die geheel gezond was.

In 1931 had practisch geen uitbreiding van de ziekte plaats in de omgeving, waar de lada belantoeng was geplant. In 1932 was de lada belantoeng-tuin, die inmiddels 3½ jaar oud was geworden, nog steeds volkomen gezond, terwijl de omringende lada Korintji van denzelfden leeftijd voor meer dan 90% was afgestorven. Naar aanleiding hiervan begon de bevolking er in deze omgeving toe over te gaan om in de zieke lada Korintji- en lada Djambi-tuinen op groote schaal met lada belantoeng in te boeten (MULLER 1932).

In 1933 werd de betreffende lada belantoeng-tuin weder bezocht; de lada Korintji was in hetzelfde complex practisch verdwenen, van de lada Djambi was wat meer over, terwijl van de 4½-jarige lada belantoeng nog geen enkele rank ziek was geworden. Tusschen de

lada belantoeng stonden een aantal doode en een aantal pas aangetaste lada Korintji en lada Djambi ranken. Ditzelfde was het geval in een complex 5½-jarige tuinen bij Tandjong Harta, waar de 3 variëteiten ten deele door elkaar waren geplant: alleen lada belantoeng (2 600 ranken) was geheel gezond (foto 7), terwijl de lada Korintji zeer sterk en de lada Djambi wat minder was aangetast.

Van het gezond blijven van de lada belantoeng-tuinen in de omgeving van Oelok Rengas ging een groote propagandistische werking uit: overal — zoowel in de marga Rebang Oelok Rengas als in de marga Rebang Kasoei — ging men er toe over op groote schaal lada belantoeng te planten. Zoo waren in een complex tuinen bij Oemboelan Kepala Gadjah, waar in de oudste tuinen in 1929/30 het voetrot was gaan optreden, in 1933 reeds 30 000 van de 40 000 ranken door lada belantoeng vervangen.

Men had zóó zeer het vertrouwen in de oude variëteiten verloren, dat men er op veel plaatsen toe overging lada belantoeng naast nog levende lada Korintji en lada Djambi ranken te planten. In verschillende gevallen werden deze oude ranken aangetast, terwijl de er naast en tusschen de wortels van de zieke planten staande lada belantoeng gezond bleef, hetgeen wel wijst op een zeer hoogen graad van resistentie.

Elders had men de oude variëteiten uitgetrokken of afgesneden om lada belantoeng te kunnen planten (MULLER 1933).

In de marga Rebang Kasoei deed men met lada belantoeng dezelfde gunstige ervaringen op als in Rebang Oelok Rengas: een in den Westmoesson 1930/31 te Rebang Tinggi geplante lada belantoeng-tuin was in Augustus 1933 nog geheel gezond, terwijl de omringende lada Korintji-tuinen waren afgestorven.

In de jaren 1932-1935 is de cultuur van lada belantoeng enorm toegenomen; niet alleen werden zieke tuinen met deze variëteit ingeboet, ook herontginning van in 1929-1932 door voetrot afgestorven tuinen had plaats, waarbij uitsluitend lada belantoeng werd geplant, zoodat het vaak moeilijk was van deze variëteit plantmateriaal — dat dikwijls over groote afstanden werd aangevoerd — te verkrijgen. In de Rebangstreken neemt deze variëteit thans het grootste deel van het peperareaal in en is het voetrot een ziekte van ondergeschikte betekenis geworden (VAN DER GOOT 1935b, 1936).

Al bezit de lada belantoeng een zeer hoogen graad van resistentie, toch is deze variëteit niet volkomen immuun. In 1933 werden op een enkele plaats tusschen Kotaboemi en Adji Kagoengan eenige positief

door voetrot aangetaste ranken van lada belantoeng waargenomen. De schade was echter gering. Ook elders uit de Lampongs — in de omgeving van de Semangka-baai — is voetrot van belantoeng en wel op gronden met een zeer slechte afwatering, gerapporteerd. Deze variëteit is echter verreweg de minst vatbare van de in de Lampongs geplante variëteiten.

De lada Korintji is het meest vatbaar: treedt ergens voetrot op, dan wordt deze variëteit het eerst aangetast en bij een eenigszins hevige aantasting gaan vrijwel alle ranken te gronde.

De lada Djambi is minder vatbaar dan de lada Korintji, doch aanmerkelijk gevoeliger dan de lada belantoeng. Van de lada Djambi blijven in niet al te zwaar aangetaste tuinen vrij veel ranken over; in gemengde aanplantingen van lada Korintji en lada Djambi wordt bijna steeds eerst de lada Korintji en daarna pas de lada Djambi aangetast. Bij een sterke besmetting sterft echter ook de lada Djambi voor 100% af.

De lada belantoeng is reeds op het eerste gezicht van de lada Korintji en de lada Djambi te onderscheiden door den vorm der ranken, die bij de eerste slanke, hoog opgaande, cylindrische zuilen vormen, terwijl de beide andere variëteiten lager blijven en door het breed uitstaan der onderste takken meer kegelvormige zuilen vormen.

Van de lada Djambi onderscheidt de lada belantoeng zich door den vorm en de kleur van het blad, dat bij de eerste breed hartvormig (lengte van de bladschijf \pm gelijk aan de breedte) en donkergroen is, terwijl bij lada belantoeng de bladeren meer elliptisch zijn (breedte $\pm \frac{1}{2}$ - $\frac{3}{4}$ van de lengte) en een meer geel-groene kleur vertoonen. Wat vorm en kleur der bladeren betreft is het verschil tusschen lada Korintji en lada belantoeng minder groot, doch bij de eerste is het blad tusschen de nerven meestal sterker opgebold dan bij de laatste.

Evenals de lada Djambi heeft de lada belantoeng vruchtrossen van meer dan 10 cm lengte, terwijl die van lada Korintji genoemde maat niet overschrijden en meestal niet langer dan 8 cm worden. Bij de lada Djambi zijn de trossen met verspreid zittende vruchten bezet, bij de lada belantoeng echter zitten de vruchten evenals bij de lada Korintji, dicht opeen gedrongen.

Zowel lada Djambi als lada Korintji hebben grootere vruchten (5-6 mm) dan de lada belantoeng (4-5 mm). Bij de lada Djambi is evenwel de vruchtschil dik, terwijl deze bij de beide andere variëteiten dun is. Hierdoor zijn de zaden van de lada Djambi en de lada belantoeng

ongeveer van gelijke grootte en wat kleiner dan die van de lada Korintji.

De lada belantoeng geeft 1-2 jaar later dan de lada Korintji de hoogste productie, hetgeen echter door de grootere hoogte der ranken wordt gecompenseerd. Het verschil in grootte van de zaden wordt door de langere vruchttrossen en het grootere aantal zaden per tros opgeheven. Lada belantoeng groeit duidelijk sneller dan lada Djambi of lada Korintji; behalve op zeer goede gronden moet men daarom na het planten van de dadapstekken voor steunboomen bij aanplant van lada belantoeng meestal de dadap een jaar langer laten opgroeien eer men peper plant, dan bij aanplant van lada Korintji noodig is.

Ook voor Bangka zal wellicht het vraagstuk van de bestrijding van het voetrot door het kweken van resistente variëteiten tot een oplossing kunnen worden gebracht. In den Cultuurtuin te Buitenzorg is nl. gebleken, dat de drie op Bangka geplante peper-variëteiten onderling verschillen in vatbaarheid voor *Phytophthora*-voetrot vertoonen. In een aanplant, waarin de variëteiten „Lamong” „Muntok” en „Merapin” in afwisselende rijen waren geplant, trad in 1935 voetrot op. In den loop van 1935 en 1936 zijn in bedoelden aanplant *alle* planten van de „Lamong”-variëteit afgestorven, terwijl de beide andere vormen geheel gezond zijn gebleven. Daar bij het afsluiten van deze publicatie nog niet is vastgesteld of de *Phytophthora*-stam, die in Buitenzorg optrad, dezelfde is als de stam, die uit het van Bangka afkomstige materiaal is geïsoleerd, kan niet worden gezegd of zich in Bangka dezelfde verschillen in resistentie zullen voordoen.

8. SLOTBESCHOUWINGEN.

Door dit onderzoek is komen vast te staan, dat het pepervoetrot in Nederlandsch-Indië een ziekte is, die door een afzonderlijke variëteit van *Phytophthora palmivora* wordt veroorzaakt, waaraan de naam *var. piperis* is gegeven.

Verder werd vastgesteld, dat het ziekte-proces verschillend verloopt al naar de wijze, waarop de pepercultuur wordt gedreven. In de centra van pepercultuur op Sumatra en Java, waar men de ranken plant zonder de aarde aan den voet der stammen op te hoogen en zonder van gebrande aarde gebruik te maken, worden de stammen bij of vlak boven den grond aangetast en verloopt het afstervingsproces, tengevolge van het doorrotten der stammen, snel. In West-Borneo en Bangka daarentegen, waar de ranken op heuveltjes van gebrande aarde staan

of door een met tanah bakar gevulde ringgoot zijn omgeven, worden de wortels in vele gevallen het eerst aangetast en vertoonen de stammen geen typische „voet”-rot symptomen. Doordat bovendien het sterven van de wortels zeer geleidelijk verloopt, treft men in de streken, waar de Chineesche cultuurmethode wordt gevolgd, een chronisch verloopenden vorm van de ziekte aan, die echter steeds met den dood van de zieke ranken eindigt.

Voor zoover thans is na te gaan maakt het met het oog op aantasting door voetrot geen verschil of de peper tegen steunpalen van dood hout of tegen levende steunboomen wordt gekweekt, want zowel bij de eene als bij de andere cultuurwijze zijn ernstige en snel zich uitbreidende aantastingen geconstateerd.

De gegevens van de inoculatieproeven, gecombineerd met de te velde verrichte waarnemingen maken het mogelijk het volgende beeld der ontwikkelingscyclus van de ziekte in de tuinen in de Lampongs ¹⁾ te construeeren.

Nadat een tuin door besmette aarde of water is geïnfecteerd en de eerste ranken ziek zijn geworden, worden op de zieke planten sporangiën gevormd. Dit zieke materiaal wordt voornamelijk door wind en water in den aanplant verspreid. De op de aangetaste deelen gevormde sporangiën kunnen bij voldoende vochtigheid ter plaatse kiemen en nieuwe bodeminfecties veroorzaken. Bij regenbuien vormen zoowel het regenwater als de door de bui veroorzaakte temperatuursdaling een prikkel tot de vorming van zwermsporen, die met over den bodem stroomend water weggevoerd kunnen worden of zich in de alles bedekkende waterfilm actief kunnen voortbewegen. Door opspattend water komt infectieus materiaal op de onderste bladeren van gezonde planten terecht, waarvan de onderzijde het best tegen schoonregenen beschut is en bovendien de eenige plaats van het blad is, waar zwermsporen kunnen binnendringen, zoodat de schimmel daar een gunstige gelegenheid vindt om de plant te infecteeren. Op de aangetaste bladeren worden 's nachts groote hoeveelheden conidiën gevormd. De aangetaste bladeren vallen af vóórdat de infectie in de takken is overgegaan en komen op den grond onder de ranken terecht, waar zij doorgaan sporangiën te vormen, die ter plaatse kiemen of zwermsporen vormen. Door de afvallende bladeren heeft zodoende een groote ophooping van

¹⁾ Deze beschouwingen gelden ook voor eenige streken op Java, waar de pepercultuur tegen levende steunboomen en zonder van gebrande aarde gebruik te maken, wordt gedreven.

infectieus materiaal aan den voet van de ranken plaats, dat hetzij via den grond hetzij direct den stam aan de basis kan infecteeren.

Eventuele preventieve bestrijdingsmaatregelen tegen de schimmel moeten dus in de eerste plaats op een bescherming van de het laagst geplaatste bladeren en van de stambasis zijn gericht. De bladeren zouden hiertoe in bedreigde tuinen tot bijv. 50 cm hoogte afgeplukt kunnen worden. Deze maatregel op zich zelf is niet afdoende, omdat werd waargenomen, dat in een lada Djambi-tuin bij Oelok Rengas, die niet was omgelegd en waarvan de onderste 60 cm van den stam onbebladerd was, toch meer dan 50% der planten door voetrot werd aangetast.

Mede in verband met hetgeen over de bestrijding van voetrot bij sirih bekend is, valt echter wel resultaat te verwachten van het afplukken der bladeren *gecombineerd* met een begieten van den stamvoet en van den grond in de naaste omgeving daarvan met 2-3 liter 1% Bordeauxsche pap per rank, welke maatregel in den Westmoesson maandelijks zou moeten worden herhaald, zoodra in de omgeving van den te beschermen tuin ziektegevallen gaan optreden. Het is duidelijk, dat bij een extensief gedreven cultuur als in de Lampongs, waarbij een gezin vaak 2000 ranken heeft te onderhouden (bij den oogst worden hulpkrachten gebruikt), de hierboven geschetste preventieve maatregelen practisch onuitvoerbaar zijn. Ook gebrek aan water voor de bereiding van de Bordeauxsche pap zal in vele gevallen een hinderpaal zijn.

Daar eenmaal aangetaste ranken onherroepelijk afsterven, zijn curatieve bestrijdingsmaatregelen uitgesloten.

Men kan echter wel trachten, de aantasting te *localiseeren*. Indien bijv. in het fig. 3 weergegeven complex tuinen de het eerst geïnfecteerde randplanten in de tuinen A en B tijdig onschadelijk waren gemaakt, zooals in zekeren zin in tuin C is gebeurd doordat men den tuin niet meer wiede, had de uitbreiding wellicht beperkt kunnen worden. Het onschadelijk maken van een groep aangetaste ranken zou kunnen geschieden door deze ranken en den grond tusschen de aangetaste planten te begieten met 5-10 liter 1% kopersulfaat-oplossing per m² en het zieke deel van den aanplant met eenige omgevende rijen gezonde ranken te omringen door een \pm 40 cm diepe goot, waarin hier en daar afvoergaten voor het water worden gemaakt om overloopen te voorkomen. Groot voordeel kan van deze maatregelen moeilijk worden verwacht, omdat in de meeste gevallen de kans groot is, dat de schimmel zich reeds buiten het aangetaste areaal heeft verbreid en bovendien gevaar bestaat, dat door de werkzaamheden besmette grond in den tuin

wordt verspreid. Meer hoop op succes geeft het aanbrengen van een ondiep netvormig goten-stelsel met water-vangkuilen vóór dat de ziekte in een tuin optreedt. Heeft dan ergens een infectie plaats, dan is het waarschijnlijk, dat deze tot één vak van het goten-net beperkt blijft; na het optreden van de ziekte dient — om versleeping door aarde aan voeten en gereedschappen te voorkomen — het vakje waarin de eerste ziektegevallen optreden niet meer te worden betreden en bewerkt.

Alvorens deze publicatie af te sluiten, dient nog eenige aandacht te worden geschonken aan de herkomst van de ziekte in de Rebang-streek, waar reeds 15 jaar pepercultuur werd gedreven voordat het voetrot optrad. In deze streken staat de cultuur in verschillende opzichten op een hoog peil (MULLER & WEYERS 1930), terwijl de gronden, wat gesteldheid en ligging betreft, tot de beste van de Lampongs kunnen worden gerekend en de bevolking nog over voldoende versehe boschgronden voor den aanleg van tuinen kan beschikken. Het plotseling optreden van het voetrot kan daarom moeilijk aan ongunstige groeivoorwaarden voor de peper worden toegeschreven. Ook is het niet waarschijnlijk, dat het plotseling epidemisch optreden van de ziekte in de Rebang-streek aan bepaalde eigenschappen van den grond toegeschreven zou kunnen worden. In 1932 werd een aantal grondmonsters uit gezonde en zieke tuinen in West-Borneo door het Bodemkundig Instituut aan een vergelijkend onderzoek onderworpen. Bepaalde verschillen, die een verklaring voor het optreden van de ziekte op de eene plaats en het ontbreken ervan op een andere plaats zouden kunnen geven, werden daarbij niet gevonden. In hetzelfde jaar verzamelde ik een 15-tal grondmonsters bij zieke planten in de Rebang-streek en in de omgeving van Moeara Doewa (Palembang) en een even groot aantal monsters bij gezonde planten, die op 50-100 m afstand van de zieke groeiden. In 1933 werden de plekken, waar de monsters waren genomen, nogmaals bezocht en toen bleek, dat in 12 van 15 gevallen de eertijds gezonde complexen ook ziek waren geworden. Er is toen van een nader onderzoek der monsters afgezien, daar niet was aan te nemen, dat de grond in één jaar tijds zoodanig was veranderd, dat eventueele verschillen in structuur of samenstelling, die een verklaring voor een verschil in vatbaarheid der planten zouden kunnen geven, in die periode zoo ingrijpend waren gewijzigd, dat de oorspronkelijk niet aangetaste planten vatbaar waren geworden. Het feit, dat de ziekte in de Rebang-streek plotseling is gaan optreden en daarbij zoowel jonge, niet producerende tuinen op juist ontgonnen gronden, als oude tuinen op even

vernietigende wijze ging aantasten, is m.i. slechts te verklaren door aan te nemen, dat het voetrot-organisme te voren in die streek heeft ontbroken. Er blijven dan twee mogelijkheden ter verklaring van het plotseling uitbreken van de ziekte:

- a) de schimmel is uit andere streken van de Lampongs, waar men het voetrot al van vroeger kende, in de Rebang-streek binnengesleept;
- b) er heeft een aanpassing van een reeds aanwezigen *Phytophthora palmivora*-stam aan peper plaats gehad.

Over de eerste mogelijkheid kan het volgende worden opgemerkt.

Uit het overzicht van de literatuur, die op de pepersterfte betrekking heeft, blijkt, dat men in de Lampongs circa om de 15 jaar met een epidemisch optredende afstervingsziekte heeft te kampen gehad, die telkens tot een nieuw onderzoek aanleiding heeft gegeven. Het is opvallend, dat de ziekte telkens in een ander deel van de Lampongsche Districten van beteekenis is geweest. In 1885-'87 trad de door BURCK onderzochte ziekte in de Onderafdeeling Sekampong op, het in 1899 door ZIMMERMANN bestudeerde epidemisch afsterven van peper in de omgeving van Telok Betong, terwijl RUTGERS in 1915/'16 een afstervingsziekte in de Wai Lima-streek onderzocht. Bij de in 1928 begonnen voetrot-epidemie, die tot het in deze publicatie behandelde onderzoek aanleiding heeft gegeven, was het de Rebang-streek bij Kotaboemi, waar de grootste schade werd aangericht. Alleen uit de publicatie van RUTGERS kan worden afgeleid, dat het door hem onderzochte afsterven vooral plaats vond in een streek, waar de pepercultuur betrekkelijk nieuw was; de oudere gegevens laten op dit punt geen conclusie toe.

In de Rebang-streek is de cultuur eveneens betrekkelijk jong en is zij in hoofdzaak ingevoerd door de oorspronkelijk uit de Semendo-streek (Palembangsche Bovenlanden) afkomstige Oeloeneezen, die zich eerst in het achterland van Bintohan (Benkoelen) o.a. met pepercultuur hebben bezig gehouden en vervolgens naar de Rebang-streek in de Lampongs zijn uitgezwermd. De door deze bevolkingsgroep aangeplante variëteiten lada Djambi en lada Korintji zijn waarschijnlijk door hen in de Lampongs ingevoerd, want zij zijn dezelfde als die, welke in Benkoelen en Palembang worden aangeplant, terwijl de eigenlijke Lampong-bevolking in de Poebian-streek, in het Menggalasche, in de streek tusschen Goenoeng Soegih en Tandjong Karang, en in de peperstreek tusschen Laboean Meringgai en Djaboeng in hoofdzaak lada belantoeng plant. Of deze variëteit in genoemde streken steeds is geplant of pas na het verwoestend optreden van op voetrot gelijkende ziekten

in vroeger jaren er groote uitbreiding heeft gevonden, is thans moeilijk meer uit te maken.

Naar alle waarschijnlijkheid heeft de bevolking in de Rebang-streek door aanplant van de gevoelige variëteiten Iada Djambi en Iada Korintji dus zelf de voorwaarden geschapen, die een epidemisch zich uitbreiden van het voetrot hebben mogelijk gemaakt, toen de ziekte er éénmaal vasten voet had gekregen. Zoolang de Rebang-streek nog vrij geïsoleerd lag, heeft de cultuur van de vatbare vormen er zich gedurende 15 jaar ongehinderd kunnen ontwikkelen. Na 1926 echter is de streek geleidelijk door betere verkeerswegen nauwer met de door Lampongers bewoonde streken in contact gekomen (de verharde wegen tusschen Oelok Rengas en Kotaboemi en tusschen Kasoei en Blambangan Oempoe kwamen in dien tijd tot stand), terwijl bovendien de hooge peperprijzen in dien tijd een enormen stimulans tot uitbreiding der cultuur hebben gevormd, waardoor men er toe overging om ook van buiten de Rebang-streek plantmateriaal in te voeren. Deze factoren kunnen er ten eerste toe hebben bijgedragen om het binnensleepen van een in de rest van de Lampongsche Districten nog wel aanwezige, maar niet meer epidemisch optredende ziekte mogelijk te maken. Deze verklaring voor het ontstaan van het voetrot in de Rebang-streek is te meer plausibel, omdat de ziekte het eerst is gaan optreden op plaatsen, waar de wegen uit andere streken in de Rebang binnenkomen. In het Zuiden is de Rebang-streek in 1929 het eerst aangetast bij het eindpunt van den weg Kotaboemi-Oelok Rengas; in het Noorden kwam in 1929 de ziekte het eerst voor langs den weg, die Gedong Batin met Bandjarmasin verbindt, terwijl in het Westen de eerste ziektegevallen in 1930 werden geconstateerd bij Tandjong Boelan, waar het pad van Moeara Doea in Palembang (waar de ziekte in 1929 reeds voorkwam) in de Rebang-streek binnenkomt. Op grond van deze feiten is het wel zeer waarschijnlijk, dat het voetrot in de Rebang-streek van elders is ingevoerd.

De tweede hypothese omtrent het ontstaan van de ziekte in genoemde streek, nl. het ontstaan van een voor peper virulenten vorm van *Phytophthora palmivora*, kan niet geheel worden verworpen. Men heeft nl. eenige jaren geleden in Europa plotseling een geheel nieuwen biologischen vorm van *Phytophthora infestans* van aardappelen zien optreden, die in staat bleek te zijn de tegen den algemeen voorkomenden vorm van *Ph. infestans* immune aardappelrassen aan te tasten. Zonder verder in te gaan op de wijze, waarop de aanpassing aan een nieuwe voedsterplant tot stand kan komen, zou ik er op willen wijzen, dat uit dit onderzoek is gebleken, dat de peper-*Phytophthora* nauw verwant is aan de *Ph.*

palmivora-rassen van andere gewassen. Verder is gebleken, dat een enkele maal vorming van geslachtelijke voortplantingsorganen (oösporen) plaats vindt, hetgeen bij *Ph. palmivora* vooral na het met elkaar in contact komen van twee verschillende rassen (TUCKER 1931) schijnt voor te komen. De uit een dergelijke vereeniging voortkomende *Phytophthora*-stammen kunnen zeer wel andere parasitaire eigenschappen hebben dan hun ouders, zooals bijv. van hybriden bij roest- en brandzwammen bekend is. Al komt geslachtelijke voortplanting bij *Ph. palmivora* weinig voor, toch zal men met de mogelijkheid van het op deze wijze ontstaan van nieuwe biologische rassen, die bijv. de thans zeer resistente lada belantoeng kunnen aantasten, rekening moeten houden.

Over de herkomst van de ziekte op Bangka zijn weinig exacte gegevens bekend. Zooals uit de namen der op Bangka geplante pepervariëteiten „Lamong”-type, „Muntok”-type en „Merapin” blijkt, is vermoedelijk minstens één der variëteiten uit de Lamongs ingevoerd. Het is daarom niet uitgesloten, dat men op Bangka de ziekte met plantmateriaal van het vasteland van Sumatra heeft ingevoerd. Dat de ziekte pas in 1936 voor het eerst werd geconstateerd, is wellicht daaraan toe te schrijven, dat het ziektebeeld op Bangka sterk afwijkend is en dat de ziekte hierdoor gemakkelijk met langzaam verlopende peperziekten als bijv. de geelziekte, kon worden verward.

9. GERAADPLEEGDE LITERATUUR.

- ANONYMUS, 1928. Report on Diseases of Plants in Ceylon during 1927, Ceylon Department of Agriculture, Technical Reports for the year 1927: 8.
- BREDA DE HAAN, J. VAN, 1904*a*. Wortelziekte bij de peper op Java, *Teysmannia* XV: 367-386.
- , 1904*b*. Iets over gezonde en zieke peper, *Teysmannia* XV: 645-669.
- COSTER, CH., 1925. Eendagsorchideeën. *De Tropische Natuur*, XIV: 121-126.
- DASTUR, J. F., 1925. Report of the Mycologist to Government Central Provinces, for the year 1923-24. Report Department of Agriculture Central Provinces and Behar, for the year 1923-24: 20-21.
- , 1926. Annual Report of the Mycological Section for the year ending 31st March 1925. Report Department of Agriculture Central Provinces and Behar, for the year 1924-25: 23-26.
- , 1927. A short Note on the Foot-rot Disease of Pan in the Central Provinces, *Agricultural Journal of India*, XXII, 2: 105-108.
- , 1931. Control of the Foot-rot Disease of Pan (*Piper betle*) in the Central Provinces. *Agriculture and Live-Stock in India* I, 1: 26-31.
- GÄUMANN, A., 1922. Enkele opmerkingen omtrent de Lampongsche peperziekte, *Teysmannia* XXXIII: 289-293.
- GOOT, P. VAN DER, 1934. Ziekten en plagen der Cultuurgewassen in Nederlandsch-Indië in 1932. Mededeelingen van het Instituut voor Plantenziekten, No. 83: 80 p.
- , 1935*a*. Ziekten en plagen der Cultuurgewassen in Nederlandsch-Indië in 1933. Mededeelingen van het Instituut voor Plantenziekten, No. 84: 79 p.
- , 1935*b*. Ziekten en plagen der Cultuurgewassen in Nederlandsch-Indië in 1933. Mededeelingen van het Instituut voor Plantenziekten, No. 85: 93 p.
- , 1936. Ziekten en plagen der Cultuurgewassen in Nederlandsch-Indië in 1935. Mededeelingen van het Instituut voor Plantenziekten, No. 87: 106 p.

- HALL, C. J. J. VAN, 1916. Ziekten en plagen der Cultuurgewassen in Nederlandsch-Indië in 1915. Mededeeling van het Laboratorium voor Plantenziekten No. 20: 47 p.
- , 1918. Ziekten en plagen der Cultuurgewassen in Nederlandsch-Indië in 1918. Mededeeling van het Laboratorium voor Plantenziekten No. 36: 49 p.
- , 1920. Ziekten en plagen der Cultuurgewassen in Nederlandsch-Indië in 1919. Mededeeling van het Instituut voor Plantenziekten, No. 39: 50 p.
- , 1921. Ziekten en plagen der Cultuurgewassen in Nederlandsch-Indië in 1920. Mededeelingen van het Instituut voor Plantenziekten No. 46: 50 p.
- , 1922. Ziekten en plagen der Cultuurgewassen in Nederlandsch-Indië in 1921. Mededeelingen van het Instituut voor Plantenziekten No. 53: 46 p.
- , 1923. Ziekten en plagen der Cultuurgewassen in Nederlandsch-Indië in 1922. Mededeelingen van het Instituut voor Plantenziekten No. 58: 42 p.
- , 1924. Ziekten en plagen der Cultuurgewassen in Nederlandsch-Indië in 1923. Mededeelingen van het Instituut voor Plantenziekten No. 64: 47 p.
- HECTOR, G. P., 1927. Annual Report of the 1st Economic Botanist to the Government of Bengal for the year 1926-27. Annual Report of the Department of Agriculture, Bengal, for the year 1926-27, Appendix I: 35-38.
- , 1931. Annual Report of the First Economic Botanist to the Government of Bengal for the year 1930-31; Annual Report Department of Agriculture in Bengal for the year 1930-31: 35-44.
- , 1932. Annual Report of the Economic Botanist to the Government of Bengal for the year 1931-32; Annual Report Department of Agriculture in Bengal for the year 1931-32, Appendix I: 29-44.
- JENSEN, H., 1917. De lanasziekte in de Vorstenlanden en haar bestrijding II. Mededeeling van het Proefstation voor Vorstenlandsche Tabak No. 29: 118 p.
- , 1918/19. De lanasziekte en hare bestrijding III. Mededeeling van het Proefstation voor Vorstenlandsche Tabak, No. 38: 39-53.

- LEEFMANS, S., 1933. Ziekten en plagen der Cultuurgewassen in Nederlandsch Oost-Indië in 1930. Mededeelingen van het Instituut voor Plantenziekten, No. 81: 84 p.
- , 1934. Ziekten en plagen der Cultuurgewassen in Nederlandsch Oost-Indië in 1931. Mededeelingen van het Instituut voor Plantenziekten, No. 82: 92 p.
- LEONIAN, L. H., 1925. Physiological studies of the genus *Phytophthora*. *American Journal of Botany* 12: 444-498.
- , 1927. The effect of different hosts upon the sporangia of some *Phytophthoras*. *Phytopathology*, 17: 483-490.
- LEONIAN, L. H. & H. L. GEER., 1929. Comparative value of the size of *Phytophthora* sporangia obtained under standard conditions. *Journal of Agricultural Research*, 39: 293-311.
- McRAE, W., 1928a. Report of the Imperial Mycologist, Scientific Reports of the Agricultural Research Institute, Pusa, 1926-27, p. 44-55.
- , 1928b. Report of the Imperial Mycologist, Scientific Reports of the Agricultural Research Institute, Pusa, 1927-28: 56-70.
- , 1930. Report of the Imperial Mycologist, Scientific Reports of the Agricultural Research Institute, Pusa, 1928-29: 51-66.
- , 1932. Report of the Imperial Mycologist. Scientific Reports of the Imperial Institute Agricultural Research, Pusa, 1930-31: 73-86.
- , 1933. Report of the Imperial Mycologist, Scientific Reports of the Imperial Institute Agricultural Research, Pusa, 1931-32: 122-140.
- , 1934. Foot-rot Diseases of *Piper betle* L. in Bengal. *Indian Journal of Agricultural Science*, IV, 4: 585-618.
- MULLER, H. R. A., 1931a. Rapport over een onderzoek over de peperziekten in Palembang en de Lampons. Dienstrapport van het Instituut voor Plantenziekten, 6 p.
- , 1931b. Verslag over een tournée in de residentie Benkoelen, Dienstrapport van het Instituut voor Plantenziekten, 4 p.
- , 1932. Verslag over een tournée naar Zuid-Sumatra ten behoeve van het onderzoek over de pepersterfte, Aug./Sept. 1932. Dienstrapport van het Instituut voor Plantenziekten, 21 p.
- , 1933a. Verslag over een dienstreis naar de Westerafdeeling van Borneo, Juli 1931. Dienstrapport van het Instituut voor Plantenziekten, 12 p.

- MULLER, H. R. A., 1933b. Verslag van een tournee naar de peperstreken van de Lampongs en Palembang ten behoeve van het onderzoek van het pepervoetrot, Augustus/September 1933. Dienstrapport van het Instituut voor Plantenziekten, 12 p.
- MULLER, H. R. A. en WEYERS, E. W., 1930. Verslag over een oriënteerend onderzoek naar de pepercultuur in de Lampongsche Districten en naar de aldaar optredende ziekten en plagen. Dienstrapport van het Instituut voor Plantenziekten en van de Afdeling Landbouw, 68 p.
- RUTGERS, A. A. L., 1915. Onderzoekingen over het ontijdig afsterven van peperranken in Nederlandsch-Indië I. Overzicht der vroegere onderzoekingen. Mededeelingen van het Laboratorium voor Plantenziekten, No. 18: 28 p.
- , 1916a. Onderzoekingen over het ontijdig afsterven van peperranken in Nederlandsch-Indië II. De pepercultuur op Banka. Mededeelingen van het Laboratorium voor Plantenziekten, No. 19: 36 p.
- , 1916b. Onderzoekingen over het ontijdig afsterven van peperranken in Nederlandsch-Indië III. De pepercultuur in de Lampongsche Districten. Mededeelingen van het Laboratorium voor Plantenziekten No. 27: 65 p.
- SU, M. T., 1933. Report of the Mycologist, Burma, Mandalay for the year ended 31st March 1933: 12 p.
- SUNDARARAMAN, S., 1928. Administration Report of the Government Mycologist, Coimbatore, for 1927-28. Report Department of Agriculture, Madras, for the year 1927-28: 355-372.
- TEMPANY, H. A., 1932. Annual Report Department of Agriculture, Straits Settlements and Federated Malay States, for the year 1931: 56 p.
- THOMPSON, A., 1926. A Disease of the Betel Vine caused by a Species of *Phytophthora*, *Malayan Agricultural Journal*, XIV, 1: 1-6.
- , 1928. A preliminary Note on *Phytophthora* spp. found in Malaya, *Malayan Agricultural Journal*, XVI, 2: 40-47.
- , 1929. *Phytophthora* species in Malaya. *Malayan Agricultural Journal*, XVII, 3/4: 53-100.
- , 1933. Division of Mycology. Annual Report for 1931. Department of Agriculture, Straits Settlements and Federated Malay States. (Technical Reports for the year 1931), Bulletin 12, General Series: 48-52.

- THUNG, T. H., 1932. De huidige stand van het *Phytophthora*-vraagstuk in de Vorstenlanden. Mededeeling No. 74 van het Proefstation voor Vorstenlandsche Tabak: 50 p.
- TOXOPEUS, H. J., 1932. Nadere gegevens over de gomziekte in djerook manis (*Citrus Sinensis* Osb.) en haar bestrijding. Mededeelingen van het Instituut voor Plantenziekten, No. 80: 27 p.
- , 1934. Onderzoekingen over den invloed van temperatuur en vochtigheid op de levensprocessen van *Phytophthora parasitica*, Landbouw, 9: 385-421.
- TUCKER, C. M., 1931. Taxonomy of the Genus *Phytophthora* de Bary. University of Missouri, College of Agriculture, Agricultural Experiment Station, Research Bulletin 153: 208 p.
- UPPAL, B. N., 1931. Appendix M. Summary of the Work done under the Plant Pathologist to Government, Bombay Presidency, Poona, for the year 1929-30. Annual Report Department of Agriculture Bombay Presidency for the year 1929-30: 233-236.
- , 1931. Appendix L. Summary of the Work done under the Plant Pathologist to Government, Bombay Presidency, Poona, for the year 1930-31: 209-213.
- VECHT, J. VAN DER, 1929. Verslag van een dienstreis naar Atjeh, 30 November - 22 December 1929. Dienstrapport van het Instituut voor Plantenziekten: 8-9.
- VENKATA RAU, M. K., 1929. Report of the Mycological Section for the Year 1927-1928. Administration Report of the Agricultural Department of Mysore for the year 1927-28: 19-22.
- ZEHNTNER, L., 1904. Rapport over de werkzaamheden November en December 1903, Korte Mededeelingen van het Proefstation voor Cacao, Salatiga, No. 9: 12 p.
- , 1905. Over de sterfte van peper in Oost- en Midden-Java, Algemeen Proefstation Salatiga, Korte Mededeelingen No. 1 -2; ook verschenen in De Cultuurgids VII, 4: 241-250.
- ZIMMERMANN, A., 1899. Plaatselijk onderzoek naar de in de Lampongsche Districten voorkomende peperziekten. *Teysmannia* X: 523-531.
- , 1901. Opmerkingen over eenige op koffiellanden van Oost- en Midden-Java waargenomen plantenziekten, 3. Peper. *Teysmannia* XII: 648-653.

10. *Phytophthora*-Footrot of black Pepper (*Piper nigrum*)

by

H. R. A. MULLER

(Summary of the preceding paper).

Since 1886 epidemic wilt diseases of black pepper have been known in the Netherlands Indies and in accordance with the importance of the problem many investigations on this subject have been made. Some of the investigators considered the primary cause of the disease to be inadequate ways of cultivation, while others attributed the death of the vines to certain undetermined bacteria and fungi or to eelworms (*Heterodera marioni*). A careful scrutiny of the literature reveals that in most of the older publications several diseases and pests have been confused, thus making it nearly impossible to decide whether the footrot, as at present defined, was under consideration or not. Most probably, however, the disease has been known for many decades, though its true cause was not recognized. With exception of GÄUMANN's publication on a bacterial wilt disease, none of the former investigations — which are reviewed in detail — contains conclusions based upon the results of experimental work.

From 1928 on, the disease here described as footrot has become a problem of preponderant importance in most of the pepper growing centres of Sumatra, whereas it also occurs in the less important pepper growing districts of Java and Borneo; recently the disease was found in the Island of Bangka. In some districts of Sumatra the footrot even leads to abandoning of pepper culture, the native growers replanting their gardens with coffee or other crops. In the Lampong Residency (in the South of Sumatra) on hundreds of acres nearly all the peppervines have been killed by footrot within a few years. The same disease has been found on betel vines, but is not of economic importance on this host in the Netherlands Indies.

In the present paper the symptoms of the disease have been described in detail. In the Lampong Residency and in Java the infection of the stems generally begins near the soil up to 30 cm from their base (photo 1). In non-suberized stems the infected bark is dark watery green, soon turning black. On cork covered bark no symptoms are visible.

The soft parenchymatic tissues of the cortex and the medullary rays rapidly decay while the xylem vessels remain intact, showing only a somewhat brownish discoloration. The diseased bark often peels off and in consequence of the rotting of the connecting tissues the central cylinder splits into a bundle of loose xylem vessels. Soon after the bark has rotted the leaves turn yellow, wilt and drop (photo's 3 & 4). In periods of cloudy, humid weather the wilting proceeds slowly but in dry hot weather when the transpiration of the plants is considerable, the vines may wilt in a few days; in this case the leaves turn black and stick to the plant. Generally the majority of the roots is still normal when the leaves are already wilting; the rotting of the roots begins at their base at the underground part of the stem and proceeds towards the tips. In Borneo where the vines are grown on small hills of burned soil the infection often takes place at the underground part of the stems or even in the upper roots.

A less conspicuous symptom of the disease is the formation of leafspots on recently infected vines. The spots, up to 5 cm in diameter, are found near the tip and the margins of the lower leaves. The greyish-brown centre of the spots is surrounded by a large zone of brown necrotic tissue. Around the necrotic spot there is a 3-5 mm wide ring of watery, dark green discoloured tissue on which on the underside of the leaf small drops of a yellowish fluid are exuded (photo 5). The diseased leaves drop off a few days after infection and only in periods of active spreading of the disease are leafspots abundant, while a few days later they may be very rare even in badly diseased gardens.

Though the symptoms of the disease and the field observations on its distribution in the pepper gardens clearly indicated its infectious nature, in the beginning the isolation of the causal organism gave much trouble, the diseased plants generally arriving at Buitenzorg in a badly rotted condition. A great number of fungi and bacteria were isolated which organisms proved to be non-pathogenic in inoculation experiments. In 1932 the writer had the opportunity of making isolations from newly collected material and therein a *Phytophthora* was found to be present in a narrow zone at the border of sound and diseased tissues, while the heavily rotted parts of the stems were invaded by a great number of secondary organisms which outgrew the *Phytophthora* in plate cultures. In inoculation experiments the *Phytophthora* proved to be a virulent parasite of black pepper. Meanwhile the methods of isolation have been improved, thus enabling us to isolate the fungus even from decayed stems or from contaminated soil. The method —

based upon the specificity of the pepper-*Phytophthora* for *Piper* — consists in wrapping moistened fragments of diseased stems in freshly picked pepper leaves. For isolating the parasite from soil it is sufficient to place fresh leaves underside down upon the moistened soil (photo 6). After the fungus has infected the leaves its isolation does not give any difficulty. In principle the method is identical with JENSEN'S method of trapping spores of *Ph. parasitica* var. *nicotianae* (BR. D. H.) TUCKER in tobacco leaves.

In inoculation experiments on pepperstems with 9 *Phytophthora* strains, showing the same cultural and morphological characters as the *Piper*-strains, only the latter proved to be pathogenic to this host and to cause the typical footrot and wilt symptoms (photo's 3 & 4). The same organism proved to possess a certain virulence to other plants, but as a rule it was less virulent than the *Phytophthora* strains isolated from these hosts (Tables 1-12).

Mycelium and conidia readily infect both sides of the leaves but swarmspores are able to infect the underside of the leaves only. The typical spots appear in 2-3 days; during the night conidia are produced in great number upon the underside of the leaves. The infected leaves usually drop off before the fungus has reached the petiole, direct infection of the stems and the branches via infected leaves thus being of no importance.

According to TUCKER'S analytical key to the genus *Phytophthora* the pepper strains all belong to *Phytophthora palmivora* BUTLER. The specificity for *Piper* and the high temperature optimum for growth on potato-dextrose agar (31° C.) are considered to be sufficient reasons for regarding the pepper strains as a separate variety of the *palmivora*-group, for which the name *P. palmivora* var. *piperis* is proposed.

In agar cultures oögonia are extremely rare, but they are sometimes produced in abundance when the pepperstrains are grown together with other *palmivora*-strains on maize-meal-agar slants. Only amphigynous antheridia have been found; on oatmeal-agar the dimensions of the oöspores are: 22.0-34.1 μ , mean 26.6 μ .

In chapter 6 the epidemiology of the disease is discussed. The main sources of infection are contaminated soil, water and parts of diseased plants. Transport by water seems to be the chief means of distribution of the fungus. In well cultivated gardens the disease advances more rapidly than in neglected, unweeded gardens, usually proceeding downwards the slopes.

The fall of temperature caused by the heavy tropical rain showers

proved to be an important stimulant to the production of swarmspores. When sufficient water is present and the temperature remains constant, the conidia do not form oospores but a germ tube. The fungus is able to grow saprophytically in the soil and so conidia or swarmspores which do not meet peppervines may nevertheless contribute to the infection of the gardens. 8

A few days after a shower many otherwise healthy plants in recently infected gardens show leafspots, having been infected by water or soil splashed upon the lower leaves.

Most infections occur in the second half of the west monsoon, the fungus apparently needing some time to recover from the damage done by the preceding dry season. In the inoculation experiments in periods of dry hot weather it was found that the conidia on the leaves wither during day time, but in dull, damp weather, such as prevails in the wet season, they remain intact the whole day through. Direct insolation even may kill the fungus within the leaves. In these ways an important source of infection is partly eliminated in the dry monsoon whereas moreover water, acting as the main agent of distribution of the parasite, is lacking.

In the Western Division of Borneo in coöperation with the Agricultural Extension Service many experiments have been carried out to combat footrot by means of spraying with Bordeaux mixture. The results of these experiments have not been fully satisfactory, owing to the fact that in Borneo most vines are infected at the underground parts of the stem, which are not protected by the fungicidal spray. This type of infection is due to the peculiar way of planting which prevents direct contact of the aerial parts of the vines with contaminated soil or water which enters into the loose burned soil. Evidence however has been obtained that 1% Bordeaux mixture sprayed at fortnightly intervals may keep the spread of the disease in check.

In the Rebang districts of the Lampong Residency one of the two pepper varieties generally grown is highly susceptible, while the other is somewhat resistant. In heavily infested gardens however the latter variety may also be practically wiped out by footrot. In 1930 in a badly diseased garden, consisting mainly of the two varieties mentioned, some plants of a third variety, imported from an other district and locally known as "lada belantung", were found which remained healthy in the midst of the diseased plants; this was the case in three successive years. Stimulated by this fact the native pepper growers gradually increased their plantings of lada belantung, which in a few

years has now almost completely replaced the old varieties. The lada belantung shows a very high degree of resistance, not being attacked even when planted at the foot of the same shade tree along with diseased plants of the other varieties. In many gardens where the three forms were planted, only the lada belantung remained healthy after the other varieties had been killed by footrot. However the lada belantung is not completely immune, but up till now only a few diseased vines have been found in insufficiently drained gardens outside the Rebang districts.

The finding of a highly resistant variety has made further work on combating the disease with fungicides a matter of minor importance, the growing of resistant forms always having proved to be the most efficient way of protection against diseases in native grown crops.

In the final chapter of the foregoing paper the cycle of development of the disease is discussed, based on the results of the inoculation experiments and the field observations made in the Lampong Residency. When pepper gardens are infected by means of contaminated soil or water, the fungus may start growing saprophytically in the soil. During rain showers, which also may cause a considerable decrease in temperature, and in this way may act as a stimulant to the formation of swarmspores, particles of contaminated soil and drops of water containing conidia or swarmspores may splash on to the stems or the basal leaves of the vines. From the upperside of the leaves most of the infectious material will be washed down by the rain, but at the underside of the leaves which is moreover most susceptible, the soil particles and the spores are sheltered from the action of the rain and the fungus may enter the leaves. As drops of water generally accumulate at the tip and the margins of a leaf, most infections are to be found there. A few days after the leafspots have developed the leaves drop. On the lower surface of the leaves conidia are produced in abundance and this process continues after the leaves have dropped. On the soil at the base of the vines the conidia usually meet favourable conditions for germination, thus contaminating the soil at the foot of the plants. In this way even a single swarmspore having first caused a leafspot may create an accumulation of infectious matter at the base of a vine, which will be infected in due time. Also it is possible that diseased leaves are spread through the gardens by the action of wind and rain and thus may act as carriers of the pathogen.

It is recommended to protect endangered gardens by a rather narrow network of shallow drain trenches, interrupted by water pits

to prevent rainwater running off over the soil surface. When the disease occurs in one of the squares isolated by the trenches the soil and the diseased plants should be watered with 5-10 liters of a 1% aqueous solution of bluestone (CuSO_4) per square meter. Furthermore it is considered necessary to stop weeding in the diseased squares in order to prevent germs of the disease being carried with tools, feet, etc.

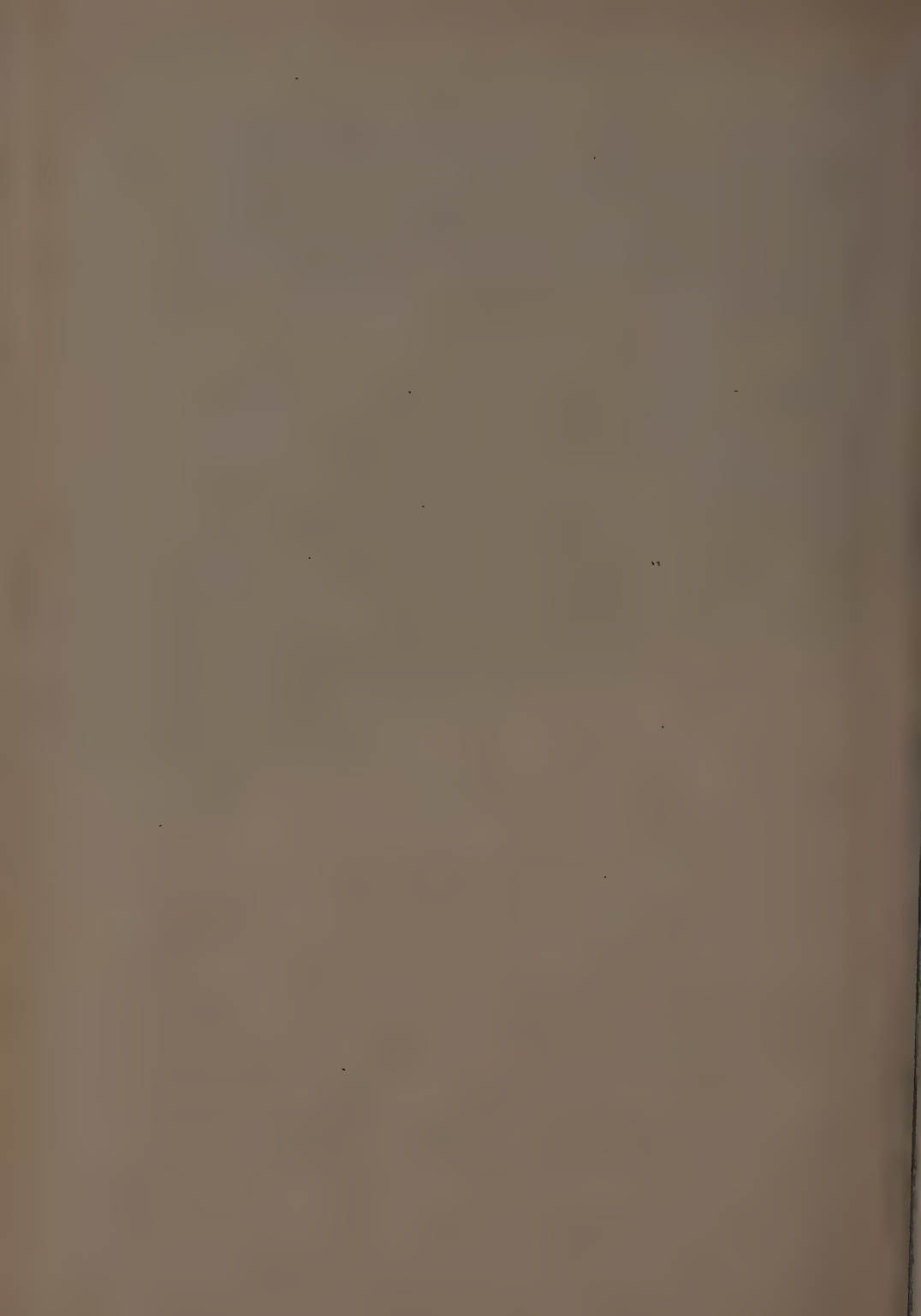




Foto 1. Door voetrot aangetaste peperrank. Door den bast aan te snijden (←) is de bovengrens van het verrotte deel bloot gelegd. Men lette op de verwelkingsverschijnselen van het loof. Foto Ir G. A. DE MOL.

(Photo 1. Black peppervine wilted by *Phytophthora*-footrot. The arrow indicates the upper margin of the rotted tissues.)



Foto 2. Door voetrot aangetaste pepertuin nabij Oelok Rengas (Lampongsche Districten); grens tusschen een nog gedeeltelijk gezonde groep ranken en een vrijwel geheel afgestorven gedeelte van den tuin.

(Photo 2. Peppergarden in the Lampong Residency, severely damaged by Phytophthora-footrot.)

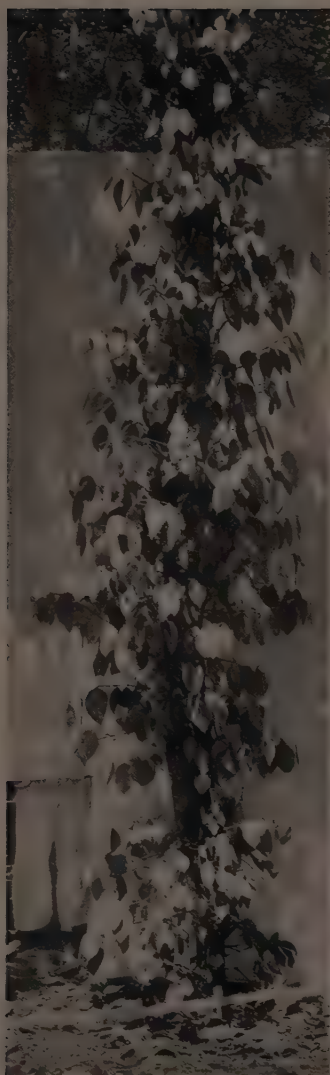


Foto 3. Kunstmatig met *Phytophthora palmivora* var. *piperis* besmette, verwonde peperrank, 3 weken na inoculatie. Beginnend bladverlies aan de onderste takken; verwelkingsverschijnselen.

(Photo 3. Wounded peppervine, inoculated with *Phytophthora palmivora* var. *piperis*; 3 weeks after inoculation, showing wilting of the foliage.)



Foto 4. Niet verwonde, met *Phytophthora palmivora* var. *piperis* geïnoculeerde peperrank; gefotografeerd 4½ week na inoculatie. Het meerendeel der bladeren is afgevallen, de overige zijn verdroogd aan de plant blijven hangen.

(Photo 4. Unwounded peppervine, inoculated with *Phytophthora palmivora* var. *piperis*; photograph 4½ weeks after inoculation. Most of the leaves have dropped off.)

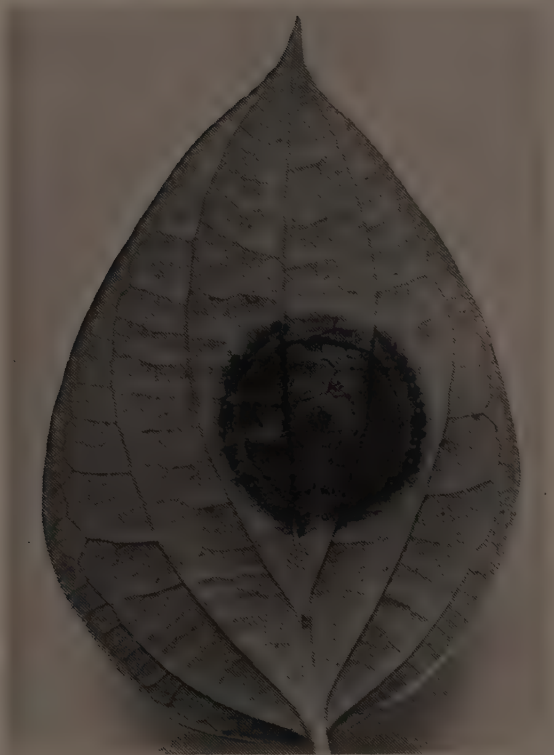


Foto 5. Met zwermsporen op de onderzijde geïnoculeerd peperblad 3 dagen na inoculatie. Buiten de scherp begrensde necrotische plek worden op de waterig-groene rand-zône vochtdruppels uitgescheiden.

(Photo 5. Pepper leaf, 3 days after inoculation with swarmspores. Around the necrotic spot there is a ring of watery dark green tissue on which droplets of a yellowish fluid are exuded.)



Foto 6. Pot met kunstmatig met de peper-*Phytophthora* besmetten grond. Twee maanden na het enten zijn op den grond peperbladeren gelegd, waarop de *Phytophthora* bladvlekken heeft veroorzaakt. Men lette op het grijze centrum der vlekken.

(Photo 6. Pot with *Phytophthora* infested soil, covered with pepper leaves, on which the *Phytophthora* has caused the typical leaf spots.)



Foto 7. *Lada belantoeng* te Tandjong Harta bij Oelok Rengas; de dezen tuin omgevende lada Korintji- en lada Djambi-tuinen zijn alle voor meer dan 80% afgestorven.

(Photo 7. *Lada belantung* garden in the Rebang district in the Lampong Residency; the susceptible varieties in the surrounding gardens have been killed by footrot.)

60. P. VAN DER GOOT, 1923. Levensduur en opbrengst van sawah-padi in verband met ouderdom der bibit, planttijd, e.a. factoren. (*Time of Development and Yield of Paddy in Relation to Age of Seedlings, Season of Transplanting and other Circumstances*). f 1.—
61. W. C. VAN HEURN, 1923. De schadelijke insecten van de rijstplant op Java. f 2.—
62. S. LEEFMANS, 1924. De Koffiebossen-boesboek. II. Bestrijding. (*The Coffee-berrie Borer. II. Control*). f 1.25
63. J. C. VAN DER MEER MOHR, 1924. Bijdrage tot de kennis van de biologie van de Javaansche veldrat. (*Contributions to the Biology of the javanese Fieldrat*). f 1.35
64. C. J. J. VAN HALL, 1924. Ziekten en plagen der Cultuurgewassen in Nederlandsch-Indië in 1923. f 1.—
65. L. G. E. KALSHOVEN, 1934. Aanteekeningen over enkele kina-insecten. (*Notes on a few Pests of Cinchona*). f 0.75
66. P. VAN DER GOOT, 1925. Levenswijze en bestrijding van den Witten Rijstboorder op Java. (*Life history and Control of the white Rice-borer in Java*). f 5.—
67. C. J. J. VAN HALL, 1925. Ziekten en plagen der Cultuurgewassen in Nederlandsch-Indië in 1924. f 0.75
68. M. BEATRICE SCHWARZ, 1925. Djamoer oepas in de djati (*Pink disease of teak*). f 0.85
69. L. G. E. KALSHOVEN, 1926. Beschadigingen, ziekten en plagen van Mahonie (*Swietenia Mahagonia* en *S. macrophylla*), aangeplant op Java. (*Pests and Diseases of the Mahogany (Swietenia mahagonia and S. macrophylla), cultivated on Java*). Uitverkocht.
70. C. J. J. VAN HALL, 1926. Ziekten en plagen der Cultuurgewassen in Nederlandsch-Indië in 1925. f 0.85
71. M. BEATRICE SCHWARZ, 1926. De invloed van de voorvrucht op het optreden van slijmziekte (*Bacterium solanacearum*) in *Arachis hypogea* en eenige andere gewassen. (*Influence of the previous Crop on the Development of Slime Disease (Bacterium solanacearum) in Arachis and other plants*). Uitverkocht.
72. S. LEEFMANS, 1927. Gegevens over sabelsprinkhanen als cocosvijanden in Nederlandsch-Indië en hunne parasieten. (*Locusts as Enemies of Coconut in Netherlands Indies, and their parasites*). Uitverkocht.
73. S. LEEFMANS, 1927. Ziekten en plagen der Cultuurgewassen in Nederlandsch-Indië in 1926. f 0.90
74. P. VAN DER GOOT, 1928. Ziekten en plagen der Cultuurgewassen in Nederlandsch-Indië in 1927. f 1.25
75. S. LEEFMANS, 1929. Ziekten en plagen der Cultuurgewassen in Nederlandsch-Indië in 1928.
76. L. G. E. KALSHOVEN, 1930. De biologie van de Djatitermiet (*Kaloterms tectonae Damm.*) in verband met zijn bestrijding (*Bionomics of Kaloterms tectonae Damm. as a base for its control*). f 2.75
77. C. J. H. FRANSSEN, 1930. De levenswijze en bestrijding van den ajalotten-uil (*Laphygma exigua* Hbn.) op Java. (*The Biology and Control of Laphygma exigua in Java*). f 0.75
78. P. VAN DER GOOT, 1930. De *Agromyza*-vliegjes der inlandsche katjanggewassen op Java. (*The Agromyzid Flies of some native Pulses in Java*). f 2.—
79. S. LEEFMANS, 1930. Ziekten en plagen der Cultuurgewassen in Nederlandsch-Indië in 1929. f 1.25
80. H. J. TOXOPEUS, 1932. Nadere gegevens over de gomziekte in djerok manis (*Citrus Sinensis* Osb.) en haar bestrijding. (*Gummosis of djeruk manis*). f 0.70.
81. S. LEEFMANS, 1933. Ziekten en plagen der Cultuurgewassen in Nederlandsch-Indië in 1930. f 1.50
82. S. LEEFMANS, 1934. Ziekten en plagen der Cultuurgewassen in Nederlandsch-Indië in 1931. f 1.50
83. P. VAN DER GOOT, 1934. Ziekten en plagen der Cultuurgewassen in Nederlandsch-Indië in 1932. f 1.50
84. P. VAN DER GOOT, 1934. Ziekten en plagen der Cultuurgewassen in Nederlandsch-Indië in 1933. f 1.25
85. P. VAN DER GOOT, 1935. Ziekten en plagen der Cultuurgewassen in Nederlandsch-Indië in 1934. f 1.25
86. A. D. VOOTE, 1935. De plagen van de Djerok-cultuur in Nederlandsch-Indië. (*Pests of Citrus in the Netherlands Indies*). f 1.—
87. P. VAN DER GOOT, 1936. Ziekten en plagen der Cultuurgewassen in Nederlandsch-Indië in 1935. f 1.25